ARTICLE PRINCIPAL

recouvrant en partie

la thèse de Doctorat d'Etat ès-Sciences Naturelles

que M. Michel ANGOT

soutiendra à la Faculté des Sciences Paris en 1967

N° d'enregistrement AO 1788

au C.N.R.S. de l'exemplaire dactylographié de la thèse proprement dite

Sujet de la thèse : Phytoplancton et production primaire en zone littorale tropicale à NOSY BE (Madagascar).

Soutenue le : 21 novembre 1967

devant la Commission d'Examen : MM. DRACH Président
FELDMANN Examinateur
BROUARDEL Examinateur

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41534914_0015

Cah. ORSTOM. sér. Océanogr., vol. IV, n° 1, 1966

HYDROLOGIE ET PHYTOPLANCTON DE L'EAU DE SURFACE EN AVRIL 1965 A NOSY BÉ

par Michel ANGOT* et Robert GERARD**

Résumé

Dans le but de préciser les mécanismes responsables des variations de l'oxygène dissous avec l'heure de prélèvement et celles du développement des populations phytoplanctoniques avec les fluctuations de salinité de l'eau de mer, des prélèvements ont été réalisés au bout de la jetée du Centre ORSTOM de Nosy Bé par une profondeur de 0,5 à 5 mètres selon la marée, pendant tout le mois d'avril 1965 et 24 heures sur 24. Les études ont porté sur la température, la salinité, la densité, l'oxygène dissous, les nombres de cellules phytoplanctoniques, leur biomasse utile à la photosynthèse, les pigments planctoniques au premier rang desquels la chlorophylle a, *le taux d'assimilation du carbone (méthode au C 14), l'énergie lumineuse pénétrant dans l'eau.*

Il est montré que l'évolution du système eau-phytoplancton est sous la dépendance directe de deux facteurs essentiels : la hauteur de la marée d'une part qui provoque des variations de salinité dont l'action est prépondérante sur le développement des différents groupes de phytoplancton (salinité élevée favorable aux Diatomées Centriques, l'inverse pour les Cyanophycées) ; l'énergie lumineuse d'autre part qui agit sur la photosynthèse et la température de l'eau (seuil d'inhibition de la photosynthèse avec une énergie de 0,15 ly/min, moyenne de 4 heures, dont le dépassement provoque une réduction de 25 % de la vitalité du phytoplancton, PI, et de 40 % du pouvoir de synthèse de la chlorophylle a, *RE).*

Summary

In order to know the mechanisms responsible for the variations of dissolved O_2 with the hours of sampling and the variations of the phytoplancton populations with the salinity of the saewater, samples were taken from the tip of the jetty of the « Centre ORSTOM de Nosy-Bé » by a depth of 0.5 to 5 meters according to the tide, during the whole month of April and 24 hours per day. Studies were made of: temperature, salinity, density, dissolved O_2, numbers of phytoplancton cells, their biomass useful for photosynthesis, pigments (mainly chlorophyll a*), rate of assimilation (C 14 technique), and light energy.*

It is shown that the evolution of the seawater-phytoplancton system is directly related with two major factors : firstly the height of the tide that is responsible for the salinity variations which are very important for the development of the groups of phytoplancton (high salinity favourable for the Centrate Diatoms, unfavourable for the Cyanophycae) ; secundly the light that is responsible for the photosynthesis efficiency and the water temperature (inhibition of the photosynthesis with an energy of 0.15 ly/min, average value for 4 hours, any excess of this value driving to a drop of 25 % in the population vitality, PI, and of 40 % in the synthesis ability of the chlorophyll a, *RE).*

* Océanographe biologiste de l'ORSTOM, Centre ORSTOM de Nosy-Bé, Madagascar.

** Assistant d'océanographie physique, Centre ORSTOM de Nosy-Bé, Madagascar.

Table des matières

Résumé.

Summary.

1. But et méthodes.
   1-1. Hydrologie.
      1-1-1. Salinité.
      1-1-2. Température.
      1-1-3. Densité.
      1-1-4. Oxygène dissous.
   1-2. Phytoplancton et production primaire.
      1-2-1. Pigments phytoplanctoniques.
      1-2-2. Assimilation du carbone (C 14).
      1-2-3. Récoltes pour Utermöhl.
      1-2-4. Luminosité.

2. Présentation des résultats.
   2-1. Hydrologie.
   2-2. Phytoplancton.

3. Hydrologie.
   3-1. Température.
   3-2. Salinité.
      3-2-1. Influence de la pluie.
      3-2-2. Influence du vent.
      3-2-3. Influence de l'heure de la journée.
      3-2-4. Influence de la hauteur de la marée.
   3-3. Densité.
   3-4. Oxygène dissous.

4. Phytoplancton et production primaire.
   4-1. Espèces et méthodes de calcul.
   4-2. Nombre des cellules phytoplanctoniques.
   4-3. Biomasse des cellules phytoplanctoniques.
   4-4. Pigments planctoniques.
   4-5. Taux d'assimilation du carbone (méthode au C 14).
   4-6. Relations entre pigments, lumière et C 14.
   4-7, Indices de la production primaire.

5. Discussion.

6. Tables.

7. Planches.

Bibliographie.

1. BUT ET MÉTHODES

Deux observations antérieures ont motivé l'étude ci-dessous : d'une part, il a été montré (Gérard, 1964) que les teneurs en oxygène dissous de l'eau de surface dépendent en partie de l'heure des prélèvements, d'autre part, on a pu mettre en évidence (Angot, 1965 b) que le développement des populations phytoplanctoniques tropicales vivant près des côtes est largement influencé par les fluctuations de salinité du milieu.

Dans le but de préciser les mécanismes de ces variations, l'étude détaillée de l'eau de surface prélevée à l'extrémité de la jetée du Centre de Nosy-Bé a été poursuivie sans interruption 24 heures sur 24 pendant les 30 jours du mois d'avril 1965 avec le rythme d'observations suivant (heures exprimées en heures locales à 2 minutes près) :

salinité..... toutes les heures ;
température.. toutes les heures ;
O_2 dissous.... toutes les ½ heures entre 04,00 et 20.00 h. ;
toutes les heures entre 20.00 et 04.00 h. ;

pigments phytoplanctoniques : toutes les 2 heures ;

assimilation du carbone (C 14) :

deux fois par jour à 06.00 et 12.00 h. du 1 au 6 puis du 15 au 30 avril ;
toutes les 3 heures du 7 au 14 avril inclus ;

récoltes pour Utermöhl : deux fois par jour à 06.00 et 12.00 h. ;

luminosité : toutes les heures de jour du 8 au 14 avril inclus.

Les méthodes utilisées dans cette étude ont été les suivantes :

1-1. **Hydrologie.**

1-1-1. *Salinité :*

Elle a été déterminée au salinomètre Hamon, I.M.E.

1-1-2. *Température :*

Les lectures ont été faites au moment du prélèvement avec une précision du 1/10 de degré C.

1-1-3. *Densité :*

Elle a été calculée à partir des tables de Kalle et Thorade.

1-1-4. *Oxygène dissous :*

La méthode de Winckler modifiée et précédemment décrite (Gérard, 1964) a été utilisée. Les dosages se font sur 30 ml avec une solution d'hyposulfite à 1,329 g/l. La fin de la réaction est déterminée potentiométriquement, ce qui assure une meilleure précision (méthode « dead-stop »).

Deux électrodes de platine (pl. I) plongent dans la solution à titrer qui se trouve à l'abri de l'air dans un récipient de titration Metrohm placé au-dessus d'un agitateur magnétique. Le courant de polarisation est fourni par un « polariser Metrohm E. 371 » relié à un pH-mètre « Metrohm E. 166 ». Lorsque les électrodes sont en circuit avec le « polariser », la polarisation empêche tout courant de passer d'une électrode à l'autre ; mais le plus infime excès d'iode dépolarise instantanément les électrodes et permet le passage d'un courant décelé par le galvanomètre du pH-mètre. Au début du dosage, l'aiguille dépasse largement l'échelle du galvanomètre. Au cours du dosage, la quantité d'iode diminue et l'aiguille se rapproche du zéro qu'elle atteint à la fin de la titration. On fait écouler la solution d'hyposulfite dans le récipient de titration par une burette à piston Metrohm de 10 ml au 1/100 d'un maniement précis et commode. Les lectures du galvanomètre se font très aisément à 0,01 ml de solution d'hyposulfite, soit à 0,01 ml/l d'O_2 dissous compte tenu du titre qui a été calculé pour la solution d'hyposulfite.

1-2. **Phytoplancton et production primaire.**

Toutes les études ont été faites à partir d'un même prélèvement effectué depuis la jetée du Centre à l'aide d'une bouteille en verre de 4 litres de capacité.

1-2-1. *Pigments phytoplanctoniques :*

2 litres d'eau étaient filtrés sur Millipore AA dans les 2 ou 3 minutes suivant le prélèvement. Les filtres étaient conservés jusqu'au lendemain en dessicateur avec gel de silice. Les concentrations en chlorophylle *a*, *b*, et *c* étaient calculées à partir des extinctions d'une solution d'acétone à 90 % lues sur un spectrophotocolorimètre Beckman DU suivant la méthode et les formules données dans le rapport SCOR-UNESCO (1964).

1-2-2. *Assimilation du carbone* (C 14) :

2 échantillons de 300 cc environ étaient placés en flacons de Pyrex, l'un transparent, l'autre opaque à la lumière. Ils étaient aussitôt ensemencés avec une ampoule de solution de C 14 de l'Agence Internationale de Copenhague (activité de 0,004 mC). L'incubation commençait aussitôt après « in situ » grâce à une bouée supportant les flacons en surface à deux mètres environ du lieu de prélèvement des échantillons. Les flacons étaient relevés après 4 heures d'incubation et leur contenu filtré sur Millipore AA (pores de 0,80 η) sous un vide constant réglé à $\frac{1}{2}$ atmosphère. Le comptage des filtres a été effectué à l'aide d'un tube Tracerlab TGC 2 et d'un compteur CID Saphymo pendant 15 minutes chacun.

1-2-3. *Récoltes pour méthode Utermöhl :*

Les échantillons étaient fixés aussitôt leur prélèvement grâce à quelques gouttes de solution de Lugol. L'examen au microscope inversé a été effectué sur les culots de sédimentation des cuves de 100 cc ou 50 cc (selon l'abondance apparente de l'échantillon en phytoplancton) après sédimentation de 24 heures.

1-2-4. *Luminosité :*

La luminosité était mesurée grâce à une cellule Weston modèle 735 recevant la lumière réfléchie par une surface horizontale de papier filtre blanc (coefficient de réflexion voisin de 0,8).

2. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

L'étude entreprise a porté sur les données suivantes : 720 salinités (dosage fait en double avec écart maximum toléré de 0,2 ‰), 720 températures, 1 200 O_2 dissous (dosage fait en double, environ 8 heures après le prélèvement, avec écart maximum toléré de 0,05 ml), 389 pigments (les 3 chlorophylles), 105 C 14, 60 échantillons Utermöhl et 70 mesures de luminosité.

Nous ne présentons ici, sous forme de tables, que les résultats suivants :

2-1. **Hydrologie.**

Table 1 : moyennes journalières des températures, c'est-à-dire les moyennes arithmétiques des résultats horaires d'un même jour.

Table 2 : moyennes par heure des températures, c'est-à-dire les moyennes arithmétiques des résultats obtenus pour une même heure pendant un mois.

Table 3 : moyennes journalières des salinités.

Table 4 : moyennes par heure des salinités.

Table 5 : moyennes journalières des densités.

Table 6 : moyennes par heure des densités.

Table 7 : moyennes journalières des teneurs en O_2 dissous, d'une part en valeur absolue, d'autre part en pourcentage de saturation.

Table 8 : moyennes par heure des teneurs en O_2 dissous, même distinction.

2-2. **Phytoplancton.**

Table 9 : teneurs en pigments, taux d'assimilation du C et énergies lumineuses lors des prélèvements de 06.00 et 12.00 h. chaque jour.

Table 10 : nombres de cellules, volumes totaux et surfaces totales des principaux groupes du phytoplancton aux prélèvements de 06.00 et 12.00 h. chaque jour.

Les résultats intermédiaires ne sont pas portés dans les tables mais sont lisibles à partir des graphiques.

3. HYDROLOGIE

3-1. **Température.**

Toutes les températures relevées au cours de ce mois sont comprises entre 32°1 (maximum absolu le 1er à 13.00 h.) et 27°6 (minimum absolu le 13 à 01.00 h.), soit un écart maximum de 4°5.

L'écart moyen entre les températures extrêmes d'une même journée est de 2°3, alors que pour cette même période, l'écart moyen entre les températures extrêmes de l'air est de 7°4. La température de l'eau varie donc beaucoup moins que celle de l'air bien que l'amplitude de ces dernières variations soit déjà faible.

L'écart moyen entre les températures extrêmes pour une même heure est de 1°5. Cet écart est plus marqué pour les hautes températures (2°4 et 2°7 à 12.00 et 13.00 h.) que pour les températures plus basses. Cette faiblesse de l'écart moyen signifie que, d'un jour à l'autre, les températures sont assez peu différentes si elles sont prises à une même heure.

La courbe des moyennes journalières (pl. II), obtenue en joignant les valeurs des moyennes de températures de chaque jour, est surtout liée aux fluctuations des températures de l'air ainsi que nous l'avions déjà noté (Gérard 1964). Il faut cependant remarquer que la dispersion de ces moyennes est très faible : l'écart maximum est de 1°C.

La courbe des moyennes par heure (pl. III) est beaucoup plus représentative et marque très nettement l'influence de l'heure de la mesure sur les résultats de température. C'est une courbe régulière qui passe par un minimum à 01.00 et 02.00 h. (28°7) et par un maximum à 12.00 et 13.00 h. (30°4). Cependant, les variations de température au cours d'une même journée ne sont pas symétriques par rapport à midi. En effet, l'élévation de température est rapide ; elle se produit en 6 heures passant de 28°7 à 30°4 entre 06.00 et 12.00 h. Au contraire, la diminution de température est lente puisqu'on ne retrouve une température égale à celle de 08.00 h. qu'à 22.00 h. Le reste du temps les variations sont très faibles, la température restant comprise entre 28°5 et 28°8 de 24.00 à 07.00 h.

Lors de précédentes études, les mesures de température ont été faites à 07.00 et 17.00 h. et les moyennes mensuelles ont été calculées à partir des températures obtenues à ces heures. Il nous a paru utile de comparer, pour ce mois d'avril, la moyenne mensuelle obtenue avec ces deux mêmes valeurs de température par jour à la moyenne générale mensuelle que nous avons calculée à partir de tous nos résultats. Pour avril 1965, la moyenne générale de température est de 29°3 alors que la moyenne obtenue à partir des valeurs de 07.00 et 17.00 h. est de 29°2. L'écart est très faible ; les moyennes obtenues à partir de mesures effectuées à 07.00 et 17.00 h. sont donc bien représentatives.

3-2. **Salinité.**

En ce qui concerne la salinité, avril est un mois de transition compris entre les très faibles salinités consécutives aux fortes chutes de pluie (décembre, janvier, février) et les salinités assez constantes, voisines de 35 °/oo, des autres mois (Angot, 1965 a).

Pour ce mois d'avril, la moyenne générale est de 33,65 ‰, toutes les valeurs étant comprises entre 34,09 (le 3 à 15.00 h.) et 32,98 (le 1 à 23.00 h.). La moyenne des amplitudes journalières est de 0,40 ‰ (pl. II).

Nous avons cherché à déterminer le facteur responsable des fluctuations de la salinité.

3-2-1. *Influence de la pluie :*

Pendant le mois de nos observations, les chutes de pluies ont été assez faibles (65,6 mm), surtout par rapport à mars (387 mm). Ce peu de précipitations n'a pas eu de conséquence sur la salinité ainsi que le montre la figure 1.

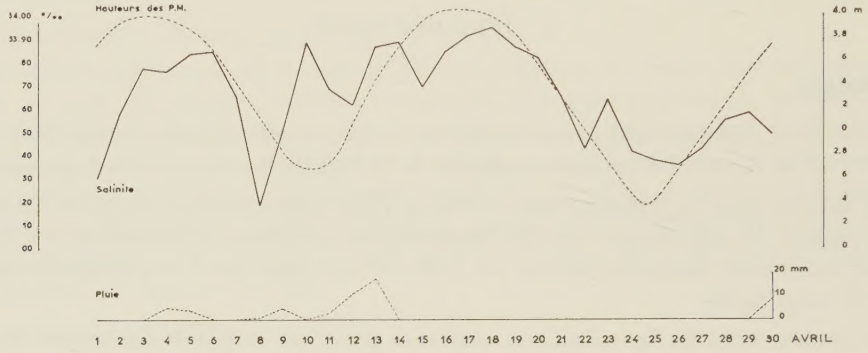

Fig. 1. — Variations, au cours du mois d'avril de la salinité, de la hauteur de la marée (pleine-mer) et de la quantité de pluie.

3-2-2. *Influence du vent :*

Les vents du mois d'avril ont été généralement très faibles, sauf en deux journées, les 10 et 13 ; il est à noter que, lors de ces deux jours, le vent soufflait du large vers la terre. Le 10, la salinité atteint 33,89 ‰ malgré une faible chute de pluie la veille (4,5 mm). Le 13, la salinité est de 33,87 ‰ malgré des précipitations de 17,4 mm dans la même journée.

Dans l'attente d'observations plus concluantes, on peut donc penser que le vent du large pourrait, dans cette zone d'eaux très peu profondes (entre 5 m et 0,50 m selon la marée), influencer la salinité de surface par l'évaporation qu'il favorise, le brassage d'eau qu'il provoque et, peut-être aussi, par le fait qu'il draîne vers la côte de l'eau du large plus salée.

3-2-3. *Influence de l'heure de la journée :*

Toutes les moyennes sont comprises entre 33,60 (21.00 et 23.00 h) et 33,69 (13.00 h). Le maximum de 33,69 est si peu marqué qu'il est difficile d'écrire que la courbe des moyennes de salinité pour une même heure (pl. III) passe par un maximum. Cette courbe illustre d'une manière fort nette, la remarquable constance de la salinité, quelle que soit l'heure des prélèvements. D'autre part, l'évaporation consécutive à l'élévation de température est très peu marquée.

3-2-4. *Influence de la hauteur de la marée :*

A l'exception du 10 avril, jour de grand vent, il semble bien que la salinité soit liée à la marée. C'est ce qui apparaît en comparant les valeurs de la moyenne de la salinité pour toute une journée avec la hauteur de la pleine mer le même jour (fig. 1). La figure 2 représente la droite de régression calculée à partir de ces données et construite suivant la formule : $S = 32{,}94 + 0{,}21\ H$ (S : salinité ; H : hauteur de la marée) avec un coefficient de corrélation de 0,54 nettement significatif au seuil de 1 %.

Dans ces conditions, il faut penser qu'une marée de vive-eau rapproche de la côte de l'eau du large relativement salée (le 14 avril, un échantillon prélevé au large du point de nos observations avait une salinité de 34,05 ‰). Au contraire, les salinités basses sont l'apanage des marées de morte-eau.

Le mécanisme de cette véritable pulsation des masses d'eau fait très certainement intervenir les courants de marée qui sont ainsi les agents directement responsables des variations de salinité. D'observations directes, on constate qu'un courant de l'ordre de 0,5 nœud existe au milieu du jusant d'une vive-eau et porte vers l'extérieur de la baie à l'entrée de laquelle se situe le point de nos observations. Le renversement de ce courant précède de près de 2 heures l'heure de la basse-mer. Force du courant et décalage dans le temps par rapport à l'heure de la pleine-mer restent très semblables à ce qui vient d'être signalé pour la basse-mer.

Ces observations doivent être rapportées à celles réalisées à environ 3 milles au large du point de nos observations en juillet 1964 grâce au concours de la Mission Hydrographique de l'Océan Indien, sous la direction de l'ingénieur hydrographe Pasquay, alors embarquée à bord du « *La Pérouse* ». Il fut alors déterminé au couranto-mètre avec immersion de 5 mètres qu'en période de morte-eau (4 et 5 juillet 1964) le courant de jusant porte au 270 et le courant de flot au 80 ; le renversement du courant se produit 2 heures avant la basse mer (entre 03.30 et 04.00 h. le 5 juillet alors que la basse-mer a lieu à 06.00 h.) et environ 1 heure avant la pleine mer. Le courant portant au 80 est supérieur en force au courant portant au 270 : 0,6 nœud en morte-eau vers le 80 au lieu de 0,4 nœud vers le 260. Il y aurait donc un faible courant général de l'ordre de 0,2 nœud portant à l'est, courant auquel se superposerait le courant alternatif dû à la marée.

Les courants de marée ainsi précisés sont à l'origine des variations de salinité précédemment signalées. La baie est en effet tapissée par une mangrove dense dans sa partie la plus profonde où se déverse un ruisseau. De la sorte, l'eau la moins salée se trouve rejetée autour de cette mangrove durant les périodes de flux tandis qu'elle est entraînée vers le large avec les courants de jusant. Ces actions sont d'intensité variable selon l'amplitude des marées, une grande marée provoquant d'une part un drainage plus complet de la baie lors du jusant, d'autre part un envahissement plus net d'eau du large lors du flux.

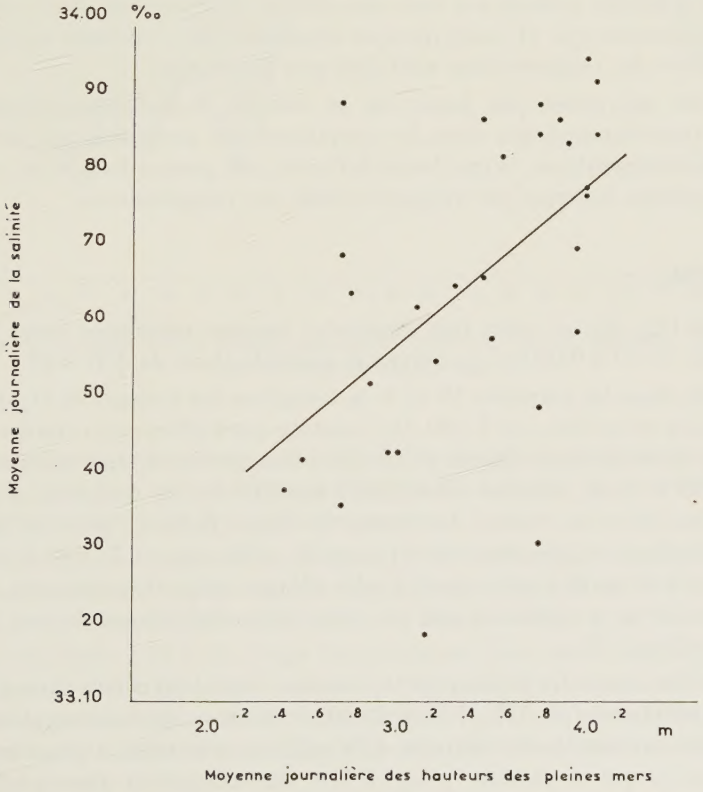

Fig. 2. — Corrélation entre la moyenne journalière des salinités et la moyenne journalière des hauteurs des pleines mers (coefficient de corrélation r = 0,54).

Cependant le point de nos observations se trouve à l'entrée de la baie où se produisent ces courants de marée. Il est donc beaucoup plus dépendant des courants de flux que de jusant ce qui provoque une augmentation de la valeur moyenne de la salinité lors des vives-eaux par rapport à cette même valeur lors des morte-eaux. Cette augmentation tire son origine d'une part de la baie elle-même suivant le mécanisme mentionné ci-dessus, d'autre part de l'ensemble de la rade de Nosy-Bé qui affecte la forme d'un large bassin où les courants de marée intéressent toute la masse d'eau proche de Nosy-Bé (observation contrôlée lors de l'étude de la Mission Hydrographique : 4 stations effectuées dans la rade). Cette masse d'eau est relativement dessalée en période de faible amplitude de marée à cause du déversement de l'eau douce des rivières, dont le Sambirano au débit très important. Au contraire, en période de vive-eau, l'influence des rivières est limitée aux bordures côtières du fait des courants beaucoup plus forts qu'en morte-eau et l'eau du large est nettement plus salée.

Pour terminer, signalons que la moyenne des mesures effectuées à 07.00 et 17.00 h est, comme pour les températures, suffisamment représentative puisque, dans ce mois d'avril, elle est de 33,67 ‰ au lieu de 33,65 ‰.

3-3. **Densité** (exprimée en σ_t).

La valeur moyenne de la densité pour ce mois est égale à 20,97. Toutes les valeurs sont comprises entre 19,94 (le 1er à 13.00 h) et 21,63 (le 13 à 06.00 h).

Suivant les moyennes considérées (journalières ou par heure), les densités, qui sont fonction de la température et de la salinité, dépendent essentiellement de l'un des deux facteurs : salinité dans le cas des moyennes journalières ; température dans le cas des moyennes par heure.

Les moyennes journalières sont comprises entre 20,50 et 21,26, la dispersion des valeurs trouvées d'un jour à l'autre n'étant pas très importante. Les courbes des moyennes journalières des salinités et des densités (pl. II) sont presque superposables, corollaire logique du fait que les moyennes journalières des températures sont fort peu dispersées.

Les valeurs des moyennes par heure de la salinité étant pratiquement constantes sur 24 heures, elles n'interviennent pas dans les variations des moyennes par heure des densités ; seule l'influence des températures, d'une heure à l'autre, est primordiale et la courbe des densités (pl. III) apparaît comme inversée par rapport à celle des températures.

3-4. **Oxygène dissous.**

Les valeurs de l'O_2 dissous sont très dispersées puisque comprises entre 5,63 ml/l (le 20 à 13.30 h) et 3,74 ml/l (le 10 à 04.00 h), la moyenne générale étant de 4,47 ml/l.

On a représenté dans les planches IV et V la variation des teneurs en O_2 dissous en utilisant la totalité des données observées, soit 1 200. On constate que l'allure de la courbe est très semblable tous les jours avec un maximum diurne et un minimum nocturne. Les maxima sont tous situés entre 10.30 et 16.30 h et les minima entre 22.00 et 06.00 h. La variation n'est cependant pas régulière, les courbes affectant toutes des formes en dents de scie ; pour un même jour, l'écart entre les valeurs extrêmes est très important puisqu'il oscille entre 1,71 ml/l le 10 et 0,63 ml/l le 5, la moyenne de ces écarts étant supérieure à 1 ml/l. Malgré cette dispersion des valeurs observées, les moyennes journalières ne subissent que des variations relativement faibles puisque comprises entre 4,31 et 4,66 ml/l (pl. II).

Les moyennes par heure des teneurs en O_2 dissous varient en même temps que les moyennes par heure des températures (pl. III). Entre 22.00 et 08.30 h, la concentration moyenne en O_2 dissous est pratiquement stable et voisine de 4,25 ml/l, deux minima à peine marqués atteignant 4,21 ml/l. La variation qui se produit quand il fait jour comprend deux portions. La première correspond à une augmentation rapide des teneurs en O_2 dissous puisqu'elle s'élève jusqu'au maximum de 4,88 ml/l (à 13.30 h) en une période de 6 heures et demie (de 07.00 à 13.30 h) ; la

seconde illustre une chute lente de la concentration puisque cette dernière atteint sa valeur nocturne après 9 heures et demie à partir de 13.30 h.

Pour une même heure, l'écart moyen entre les valeurs extrêmes est de 0,72 mg/l. Les valeurs de ces écarts sont d'ailleurs plus élevées pour les fortes concentrations (environ 1 ml/l) que pour les faibles teneurs. La dispersion des résultats est mise en évidence dans le graphique de la fig. 3, toutes les données observées se trouvant dans la zone hachurée.

Fig. 3. — Variations, au cours de 24 heures, des écarts entre les valeurs extrêmes (minima et maxima) des teneurs en O_2 dissous.

A partir de nos observations, nous avons calculé les pourcentages de saturation en O_2 dissous d'après les tables de C. J. Fox en utilisant uniquement les données des heures pleines puisque les prélèvements de salinité n'ont été fait qu'à ces heures.

Comme pour les valeurs brutes d'O_2 dissous, la dispersion des pourcentages de saturation pour une même journée est très importante : la moyenne de ces écarts est de 24,6 %. Le maximum absolu se situe à 125 % le 6 à 12.00 h et le minimum absolu à 79,7 % le 10 à 04.00 h tandis que la valeur moyenne est égale à 96,6 %. Cette dispersion est bien un caractère propre aux valeurs d'O_2 dissous puisque la dispersion des valeurs des températures et des salinités est elle-même faible ; c'est ce qui apparaît encore dans les planches II et III où les courbes des moyennes des pourcentages de saturation (aussi bien journalières que par heure) sont semblables aux courbes correspondantes des teneurs en O_2 dissous.

On constate en outre que les variations des moyennes journalières (pl. II) se font dans des limites relativement étroites : 93,1 % et 102,0 %. Les fluctuations des moyennes par heure

(pl. III) sont plus larges puisque celles-ci sont comprises entre 90,9 % et 107,9 %. Ceci accentue encore l'importance de l'heure de prélèvement sur les résultats. Dans le détail, on note que le graphique des moyennes par heures des pourcentages de saturation comprend deux parties distinctes : l'une nocturne (entre 23.00 et 07.00 h) où les valeurs sont toutes voisines, l'autre diurne (entre 08.00 et 22.00 h) qui passe par un maximum de 107,9 % à 13.00 h. Pendant cette phase diurne, l'eau de mer reste sursaturée en O_2 dissous de 10.30 à 17.30 h.

En conclusion, on peut dire que les variations des teneurs en O_2 dissous suivent celles de la température et sont approximativement l'inverse de celles de la saturation théorique de part et d'autre d'une concentration en O_2 dissous voisine de 4,50 ml/l.

Enfin, comme pour les températures et les salinités, la moyenne des mesures effectuées à 07,00 et 17.00 h est bien représentative puisqu'elle est de 4,42 ml/l au lieu de 4,47 ml/l, moyenne générale de nos observations.

4. PHYTOPLANCTON ET PRODUCTION PRIMAIRE

4-1. **Espèces et méthodes de calcul.**

Les formes phytoplanctoniques de taille supérieure à 5 μ qui ont été déterminées sont celles du tableau suivant, les plus abondantes en nombre étant marquées d'astérisques (1 pour abondant et 2 pour très abondant).

DIATOMÉES CENTRIQUES

Melosira sp.
nummuloïdes
sulcata
* *Skeletonema costatum*
Coscinodiscus sp.
Planktoniella sol
Actinoptychus sp.
Asteromphalus sp.
— *heptactis*
Corethron hystrix
** — *criophilum*
Schroederella delicatula
Leptocylindrus danicus
- *minimus*
Dactyliosolen antarcticus
Lauderia sp.
Guinardia flaccida
Rhizosolenia sp.
* — *fragilissima*
— *bergonii*
— *stolterfothii*
robusta
imbricata
var. shrubsolei
- *hyalina*
- *pungens*
* *setigera*
· *calcar avis*
alata
- *alata*
f. gracillima
Bacteriastrum sp.
delicatulum
— *hyalinum*
— *comosum*
Chaetoceros sp.
— *atlanticus*
— *coarctatus*
— *tetrastichon*
— *peruvianus*
— *pendulus*
— *lorenzianus*
— *compressus*
— *didymus*
— *didymus*
var. anglica
— *affinis*
— *laciniosus*
— *diversus*
— *laevis*
— *lauderii*
Eucampia cornuta
Climacodium frauenfeldianum
Biddulphia sp.
— *sinensis*
Cerataulina bergonii
Hemiaulus sinensis
— *hauckii*
— *membranaceus*
— *indicus*

DIATOMÉES PENNÉES

Grammatophora sp.
Rhabdonema sp.
Licmophora sp.
Climacosphenia moniligera
Fragilaria sp.
Synedra sp.
Thalassionema nitzschioïdes
Thalassiothrix longissima
* — *frauenfeldii*
Thalassiothrix delicatula
Asterionella notata
Navicula sp.
Pleurosigma sp.
— *directum*
Amphora sp.
** *Nitzschia sp.*
Nitzschia closterium
* — *longissima*
* — *seriata*
— *paradoxa*
Surirella sp.

PÉRIDINIENS

Gymnodinium sp.
Gyrodinium sp.
Phalacroma sp.
Dinophysis miles
** *Peridinium sp.*
— *depressum*
Goniodoma sp.
Goniaulax sp.
Ceratium sp.
— *furca*
— *lineatum*
— *fusus*
— *inflatum*
— *tripos*
— *massiliense*
— *trichoceros*

CYANOPHYCÉES

** *Trichodesmium thiebautii*
Richelia intracellularis

Au cours du comptage, chaque forme de taille supérieure à 5 μ a été mesurée soit au microscope inversé soit au microscope ordinaire selon ses trois dimensions principales en ne tenant compte que du corps de la celulle sans y inclure les ornementations telles que pointes, épines, etc. Les mensurations étaient faites chaque fois que la dimension apparente principale paraissait différente de celle de l'échantillon précédent, sachant que les échantillons ont été examinés dans leur suite normale correspondant à l'ordre chronologique des prélèvements. Il est apparu que ces changements de dimensions se sont tous produits aux mêmes dates, les mêmes mesures s'appliquant aux périodes suivantes : du 1 au 4, du 5 au 10, du 11 au 17, du 18 au 26 et du 27 au 30 avril Par la suite, les volumes et surfaces de chaque espèce ont été calculés en assimilant la forme générale de l'espèce à une forme géométrique approchée. Pour les espèces indéterminées, les calculs ont été faits à partir de la moyenne des diverses formes rencontrées, les nombres d'individus étant respectivement comptés. Pour les espèces de taille inférieure à 5 μ, on a admis que chaque cellule avait un volume égal à 100 μ, valeur se rapprochant de celle fournie par un cube de 4 μ de côté. Les résultats sont ceux de la table 11.

Cependant, si les volumes des Péridiniens, des Cyanophycées et des espèces de taille inférieure à 5 μ correspondent bien à des volumes de matière vivante, il n'en est pas de même pour les Diatomées où le cytoplasme est plaqué le long de la paroi tandis que l'intérieur de la cellule est généralement constitué d'un pont proto-plasmique et de vacuoles. Lohmann (1908) a précisé un mode d'appréciation du « volume de plasma », c'est-à-dire du volume utile de la cellule dans les phénomènes vitaux, à savoir essentiellement le volume total de cette cellule moins celui des vacuoles. Smayda (1965) a repris les mêmes éléments de calcul qui l'ont conduit à la formule ci-dessous légèrement modifiée de celle de Lohmann et qui donne une valeur suffisamment approchée de ce volume utile :

volume utile ou «plasma volume» = PV = (surface μ^2) (1 à 2 μ)+(0,10) (volume total μ^3).

Le premier terme de cette formule correspond au volume du cytoplasme plaqué le long de la paroi, le facteur « 1 à 2 μ » représentant l'épaisseur de cette couche cytoplasmique.

Smayda (1965) suggère d'utiliser les chiffres du tableau suivant pour le choix de la valeur de cette épaisseur cytoplasmique.

Rapport surface/volume (S/V)	Épaisseur de la couche cytopl. en μ
$S/V < 0{,}35$	2,0
$0{,}35 < S/V < 0{,}50$	1,5
$0{,}51 < S/V < 0{,}89$	1,0
$S/V > 0{,}90$	PV = volume total

Ce sont ces chiffres qui ont été utilisés dans le texte qui suit pour une appréciation du volume utile des Diatomées. Toutes les discussions ultérieures sont donc faites à partir, d'une part du volume utile (PV) des Diatomées, d'autre part des volumes totaux (V) des autres groupes du phytoplancton, l'ensemble constituant une approximation raisonnable de la biomasse réelle. Cette biomasse peut s'exprimer soit en volume soit en poids ; si on admet que la densité moyenne du phytoplancton est égale à l'unité, la transformation de volume en poids se fait selon l'équivalence : 1 $\mu^3 = 10^{-9}$ mg.

4-2. **Nombre des cellules phytoplanctoniques.**

Les résultats des comptages effectués par la technique d'Utermöhl (1931) conduisent à une prépondérance numérique des Diatomées sur l'ensemble de la population phytoplanctonique de taille supérieure à 5 μ.

Par rapport aux espèces > 5 μ, celles de taille inférieure à 5 μ représentent de 1 à 6 fois le nombre total des premières. Cependant, leur taille très faible limite leur biomasse à une très faible

portion de la biomasse totale : 6 % à 06.00 h et 5 % à 12.00 h, moyennes générales sur le mois d'avril. La prédominance des grandes espèces est donc considérable ; ce caractère n'est d'ailleurs pas entièrement dû à la population échantillonnée mais dépend aussi du mode d'échantillonnage utilisé.

En effet, il ne fait aucun doute que l'addition de la solution de Lugol dans les échantillons vivants provoque de considérables dommages dans les cellules les plus fragiles, en particulier les flagellés nus de taille inférieure à 5 μ. Pourtant l'observation ultérieure des échantillons par la méthode d'Utermöhl permet de noter et de compter des cellules même fortement abîmées ; si la détermination des espèces est alors à peu près impossible, leur comptage reste possible, en accord avec Hasle et Smayda, 1960. Dans ces conditions, il est probable que la sous-estimation certaine du nombre des cellules < 5 μ est finalement moindre qu'il est généralement pensé. Smayda (1965) après avoir comparé les observations de Pratt (1959) à la chambre de Sedgwick Rafter sur des échantillons sans addition de liquide préservatif et celles de Hasle et Smayda (1960) par la méthode d'Utermöhl sur des échantillons conservés, estime que la méthode utilisée dans cette étude conduit à des comptes de cellules de taille inférieure à 5 μ qui sont seulement de l'ordre de 10 fois plus petits que ceux du décompte exact de la population échantillonnée. Encore faut-il préciser que la comparaison a porté sur des échantillons d'eaux subarctiques où la densité des flagellés nus < 5 μ a toutes les chances d'être plus forte que celle des eaux tropicales.

Dans ces conditions, il nous apparaît que l'importance du microplancton (< 5 μ) sur l'ensemble du peuplement phytoplanctonique, sans être négligeable, n'est pas assez grande pour d'une part justifier l'effort des calculs tendant à la connaissance de la biomasse apparente, d'autre part introduire des erreurs telles que la seule étude des espèces de taille supérieure à 5 μ ne soit plus significative par elle-même. Nous nous contenterons donc de cette seule étude.

Sur l'ensemble de la population phytoplanctonique > 5 μ, les Diatomées sont très nettement prépondérantes en nombre (pl. VI). Ceci apparaît dans le tableau ci-dessous où les valeurs sont des pourcentages moyens par rapport à la population totale, les moyennes étant calculées à partir de deux prélèvements par jour pendant 30 jours.

Heure prélèvement	Phytoplancton > 5 μ			
	Diat. Centriques	Diat. Pennées	Péridiniens	Cyanophycées
06.00 h.	43 %	38 %	12 %	87 %
12.00 h.	23 %	53 %	11 %	13 %

On constate aussi qu'il y a inversion des variations du pourcentage entre 06.00 h et 12.00 h pour les deux groupes de Diatomées. Si les Centriques sont plus nombreuses à 06.00 h qu'à midi, les Pennées sont au contraire plus nombreuses au prélèvement de 12.00 h. Cette observation est encore mise en évidence dans les graphiques de la planche VI. On voit en effet que le résultat moyen est bien dû à une caractéristique quasi constante au cours de toute la période d'observation.

Cette caractéristique peut provenir du cycle biologique des Diatomées échantillonnées. Elle peut aussi être une conséquence des variations du milieu. En effet, nous avons montré précédemment que les variations de densité de l'eau étaient l'inverse de celles des températures ; autour de midi, l'eau est la plus chaude et la moins dense. De ce fait, il est possible que des espèces possédant par elles-mêmes une densité propre légèrement supérieure à d'autres, ne bénéficient plus d'une flottabilité suffisante pour se maintenir en surface et soient ainsi contraintes de vivre à des niveaux plus profonds. L'échantillonnage superficiel que nous avons pratiqué pourrait alors faire apparaître une diminution du nombre, comme dans le cas ici observé des Diatomées Centriques.

Une autre caractéristique apparaît après examen des courbes de la planche VI. On constate

que, dans tous les groupes de la population phytoplanctonique, les comptes des prélèvements de 12.00 h sont beaucoup plus irréguliers que ceux obtenus sur les récoltes de 06.00 h. Ceci est particulièrement valable pour les Cyanophycées : entre 06.00 h et 12.00 h, le nombre de cellules par litre passe de 5 000 à 198 000 le 4 avril et de 6 000 à 44 000 le 24 avril. Sur le plan expérimental, on peut donc souhaiter que les prélèvements de phytoplancton en eaux tropicales côtières soient effectués à 06.00 h de préférence à midi.

L'évolution du nombre des divers éléments du phytoplancton au cours du mois d'avril fait apparaître un certain nombre de variations. Le nombre total de cellules accuse 2 minima (autour des 11 et 26 avril) et 2 maxima (autour des 7 et 21 avril). Cependant ces variations générales sont la somme de celles des différents groupes. Celles-ci, exprimées en pourcentages par rapport aux chiffres totaux, sont représentées dans la planche VI.

Les Diatomées Centriques ont deux minima très marqués (moins de 1 000 cell/l) les 2 et 30 avril. Du 2 au 11, leur nombre s'accroît pour rester ensuite relativement stable jusqu'au 26 avril (nombre voisin de 150 000 cell/l), date ou une forte décroissance s'amorce.

Les Diatomées Pennées ont trois maxima (environ 120 000 cell/l) autour des 3, 18 et 30 avril et deux minima (500 cell/l) autour des 11 et 26 avril.

Les nombres de Péridiniens varient dans d'étroites limites. Il apparaît cependant qu'ils sont plus florissants du 8 au 16 et du 24 au 30 avril avec des valeurs maxima de l'ordre de 3 000 cell/l et des minima voisins de 700 cell/l.

Les Cyanophycées possèdent des fluctuations très amples, les maxima étant de l'ordre de 100 000 cell/l tandis que les minima restent voisins de 70 cell/l. Les premiers se placent autour du 8 et du 25 avril, tandis que les plus faibles nombres se rencontrent les 2, 16 et 30 avril.

L'évolution numérique de ces différents groupes au cours d'avril 1965 fait apparaître un certain nombre de dates autour desquelles se produisent les principales variations. Ces dates correspondent, à quelques jours près, à celles où ont lieu les variations de salinité du milieu aquatique habité. Nous avons voulu tester cette hypothèse des variations presque simultanées entre salinité et nombre de cellules des différents groupes. Le tableau suivant précise les résultats numériques obtenus à partir des pourcentages des groupes sur le nombre total de cellules.

Phytoplancton > 5 μ						
y = salinité °/₀₀ moyenne au jour J						
x =	équation de la régression	N	r	significatif au seuil de	r_1	r = % r_1
% Diat. Centriques à 06.00 h et au jour (J+2).	y = —1 411+43,276 x	28	0,461	5 %	0,608	76
% Diat. Pennées à 06.00 h et au jour J.....	y = —877+27,205 x	30	0,346	presque 5 % (0,361)	0,556	62
% Péridiniens à 06.00 h et au jour (J+1).....	y = —394—12,064 x	29	0,338	presque 5 % (0,367)	0,589	57
% Cyanophycées à 12.00 h et au jour J.....	y = —1 899—56,794 x	30	0,549	presque 1 °/₀₀ (0,556)	0,556	99
Nombre total cellules x10^{-3} à 06.00 h et au jour (J+1).	y = —14 483+439,84 x	29	0,450	5 %	0,589	76

avec r = coefficient de corrélation de l'échantillon
r_1 = coefficient de corrélation qui indiquerait une signification au seuil de 1 °/₀₀.

Le pourcentage de r sur r_1, r_1 étant volontairement choisi à un seuil très élevé de signification, est un indice qui précise l'ordre de grandeur de la corrélation entre les deux variables, une valeur voisine de 65 indiquant une corrélation significative au seuil de 5 % compte tenu du nombre de paires, N, de nos échantillons.

Il apparaît tout d'abord que le nombre de cellules > 5 µ est bien relié à la salinité, et cela par une corrélation significative ou presque au seuil de 1 ‰ ($r = 76$ % de r_1), à condition toutefois que la corrélation intéresse le nombre de cellules du jour qui suit la valeur de la salinité moyenne. Autrement dit, le nombre de cellules est relié à la salinité avec un retard de 1 jour.

Les différents r obtenus pour les quatre groupes de phytoplancton étudiés montre que les corrélations partielles avec les variations de salinité sont suffisamment significatives. Elles le sont très nettement pour les Diatomées Centriques (76 % de r_1) et pour les Cyanophycées (99 % de r_1). Elles le sont moins pour les Diatomées Pennées (62 % de r_1) et pour les Péridiniens (57 % de r_1). Il semble donc que les Diatomées Centriques et les Cyanophycées groupent les espèces qui répondent de manière la plus franche aux variations de salinité.

Ces réponses se font cependant avec des délais variables. Il n'y a pas de retard pour les Diatomées Pennées et les Cyanophycées. Par contre, il y a 1 jour de retard pour les Péridiniens et 2 jours de retard pour les Diatomées Centriques.

On note enfin que ces réponses sont inverses pour les Péridiniens et surtout les Cyanophycées (b négatifs) et directes pour l'ensemble des Diatomées (b positifs). Les Diatomées apparaissent donc comme des espèces vivant généralement plus au large que celles des deux autres groupes, les variations de salinité étant fonction, nous l'avons vu, des hauteurs de la marée, celle-ci amenant près de la côte de l'eau plus salée au moment des vive-eaux. Au contraire, les Cyanophycées (*Trichodesmium thiebautii* largement dominant) sont adaptées à la vie en eau relativement dessalée et se trouvent donc prédominants près des côtes où l'eau douce se mélange à l'eau de mer. Une telle répartition entre les groupes principaux du phytoplancton est en accord avec celle déjà observée par d'autres auteurs, tels Bainbridge (1960) au voisinage d'un estuaire de la Sierra Leone.

4-3. **Biomasse des cellules phytoplanctoniques.**

Comme indiqué précédemment, la biomasse est estimée à partir du « volume utile » des Diatomées, soit PV, et du volume total des autres groupes phytoplanctoniques de taille supérieure à 5 µ. Rappelons encore que la biomasse ainsi définie représente environ 95 % de la biomasse totale obtenue à partir des comptes de cellules par la méthode Utermöhl en y incluant les volumes des cellules < 5 µ ; les chiffres moyens sur le total du mois d'avril sont 94 % à 06.00 h et 95 % à 12.00 h.

Sur l'ensemble de la population de phytoplancton > 5 µ, la biomasse des Diatomées représente environ la moitié du total, ainsi que le montre le tableau suivant où les valeurs sont des pourcentages moyens par rapport à la biomasse totale.

Heure prélèvement	Phytoplancton > 5 µ				
	Diatomées Centriques	Diatomées Pennées	Total Diatomées	Péridiniens	Cyanophycées
06.00 h	27 %	27 %	54 %	30 %	16 %
12.00 h	13 %	38 %	51 %	22 %	27 %

Les pourcentages de 54 et 51 % pour la biomasse des Diatomées sont à rapprocher des valeurs des pourcentages du nombre des Diatomées sur le nombre total des cellules, à savoir respective-

ment 81 et 76 %. Il apparaît ainsi que l'estimation de la biomasse par la seule étude du nombre de cellules conduit à une erreur systématique importante qui accentue le rôle des Diatomées sur l'ensemble du phytoplancton observé.

Par ailleurs, on retrouve ici la même inversion des variations du pourcentage entre 06.00 h et 12.00 h pour les deux groupes de Diatomées. Les graphiques de la planche VII font en effet apparaître que la biomasse des Diatomées Centriques est toujours plus faible à midi qu'à 06.00 h ; l'inverse n'est cependant pas général en ce qui concerne les Diatomées Pennées, la différence entre les deux pourcentages étant surtout due à quelques sommets importants obtenus à midi.

On peut d'ailleurs remarquer à ce propos que l'irrégularité des courbes de midi (pl. VII) est plus importante que pour les courbes de 06.00 h, comme il a déjà été signalé lors de l'examen des variations des nombres de cellules quoique avec moins d'ampleur.

L'évolution de la biomasse du phytoplancton au cours du mois d'avril laisse suggérer qu'il peut exister une corrélation entre ses propres variations et celles de la salinité. Comme dans le chapitre précédent, cette corrélation a été testée d'après les résultats du tableau suivant.

Phytoplancton > 5 μ						
y = salinité °/₀₀ moyenne au jour J						
x =	équation de la régression	N	r	significatif au seuil de	r_1	r = % r_1
% Diat. Centriques à 06.00 h et au jour (J+2).	y = —1 054+32,171 x	28	0,381	5 %	0,608	63
% Diat. Pennées à 06.00 h et au jour J.....	y = —141+4,984 x	30	0,060	non	0,571	11
% Diat. Pennées à 12.00 h et au jour J.....	y = —877+27,236 x	30	0,202	non	0,571	35
% Péridiniens à 06.00 h et au jour (J+1).....	y = —471—14,863 x	29	0,267	non	0,589	45
% Cyanophycées à 12.00 h et au jour J.....	y = —1 290—39,102 x	30	0,280	non	0,571	49
Biomasse totale $\mu^3 \times 10^{-6}$ à 06.00 h et au jour (J+1).	y = —5 182+160,605 x	29	0,266	non	0,589	45

avec r = coefficient de corrélation de l'échantillon
r_1 = coefficient de corrélation qui indiquerait une signification au seuil de 1°/₀₀.

Il apparaît tout d'abord que la biomasse n'est généralement pas reliée de manière significative avec les variations de salinité, sauf celle des Diatomées Centriques. Ces dernières suivent avec 2 jours de retard, en nombre d'individus et en biomasse, les fluctuations de salinité, c'est-à-dire celles des hauteurs de la marée. Elles sont donc bien caractéristiques d'une eau relativement salée et leur domaine d'élection n'est certainement pas l'eau littorale que nous avons échantillonnée mais au contraire l'eau située plus au large.

En ce qui concerne les autres groupes phytoplanctoniques, l'hypothèse de la corrélation biomasse-salinité est douteuse mais ne doit pas être systématiquement rejetée. Il est très probable qu'elle n'est pas valable en ce qui concerne les Diatomées Pennées pour qui r est égal à 11 % de r_1 à 06.00 h et 35 % de r_1 à 12.00 h. Mais il est possible que la salinité influence dans une proportion notable les variations de biomasse des Péridiniens (r = 45 % de r_1) et des Cyanophycées (r = 49 % de r_1).

Notons enfin que, comme il est déjà apparu lors de l'étude des nombres de cellules, les variations biomasse-salinité sont directes (b positifs) pour l'ensemble des Diatomées et inverses

(b négatifs) pour les Péridiniens et les Cyanophycées. Quant aux variations de l'ensemble de la biomasse du phytoplancton $> 5\ \mu$, elles sont probablement liées à celles de la salinité ($r = 45\ \%$ de r_1) et se font dans le même sens.

4-4. **Pigments planctoniques.**

Les pigments phytoplanctoniques ont varié selon les caractéristiques des graphiques de la planche VIII qui se rapportent aux trois chlorophylles mesurées. Un simple examen de ces graphiques montre qu'il existe une périodicité dans les variations journalières des concentrations

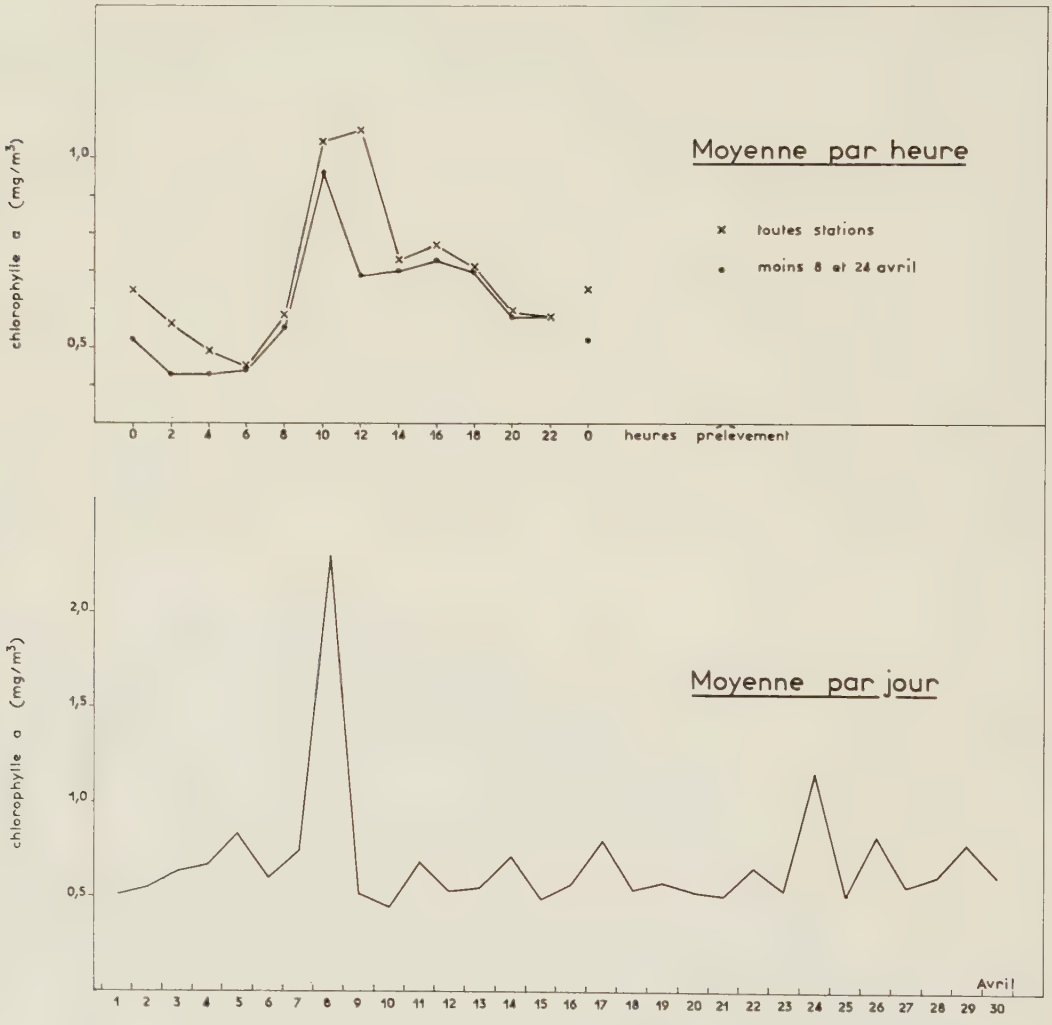

Fig. 4. — Variations des moyennes par heure et par jour de la teneur en chlorophylle *a*.

en chlorophylle a. Ceci est mis en évidence par les fluctuations de la moyenne par heure. La courbe supérieure de la figure 4 illustre les variations de cette moyenne lorsque le calcul utilise toutes les données observées (30 toutes les deux heures) ; la courbe inférieure, celles de la moyenne portant sur les mêmes données moins celles recueillies les 8 et 24 avril. A ces deux dates en effet, une explosion de *Trichodesmium thiebautii* est responsable d'un accroissement considérable de la quantité de chlorophylle *a*. Les deux courbes sont cependant très voisines l'une de l'autre. Il apparaît ainsi que la teneur en chlorophylle *a* croît très rapidement entre 06.00 h et 10.00 h

puisque la moyenne passe de 0,44 à 0,96 mg/m³ ; elle décroît ensuite aussi vite jusque vers 12.00 ou 13.00 h (0,69 mg/m³ à 12.00 h sans les 8 et 24 avril) puis se stabilise autour de 0,70 mg/m³ jusque vers 18.00 h ; de 18.00 à 02.00 la teneur décroît lentement jusqu'à sa valeur minimum (0,43 mg/m³) qu'elle conserve identique entre 02.00 et 06.00 h. Si l'on ajoute que les heures de jour vont de 06.00 à 18.00 h, comme il est de règle dans toute région proche de l'équateur, on peut dire que les concentrations en chlorophylle *a* croissent rapidement au début du jour pour décroître avec l'éclairage maximum jusqu'à une valeur moyenne (0,70 mg/m³, valeur très proche de la moyenne générale de toutes les valeurs, soit 0,69 mg/m³) où elles se stabilisent jusqu'au début de la nuit ; pendant les heures d'obscurité, la teneur en chlorophylle *a* décroît lentement jusqu'à un minimum stable (0,43 mg/m³) pendant environ 4 heures avant le lever du soleil.

Ces fluctuations en fonction des heures de la journée s'opposent à la stabilité relative de la moyenne journalière des concentrations en chlorophylle *a*. En effet, si l'on excepte les valeurs des 8 et 24 avril (voir ci-dessus), le graphique de la figure 4 ne montre que de faibles variations de cette moyenne dont chaque valeur est calculée à partir de 12 observations en 24 heures.

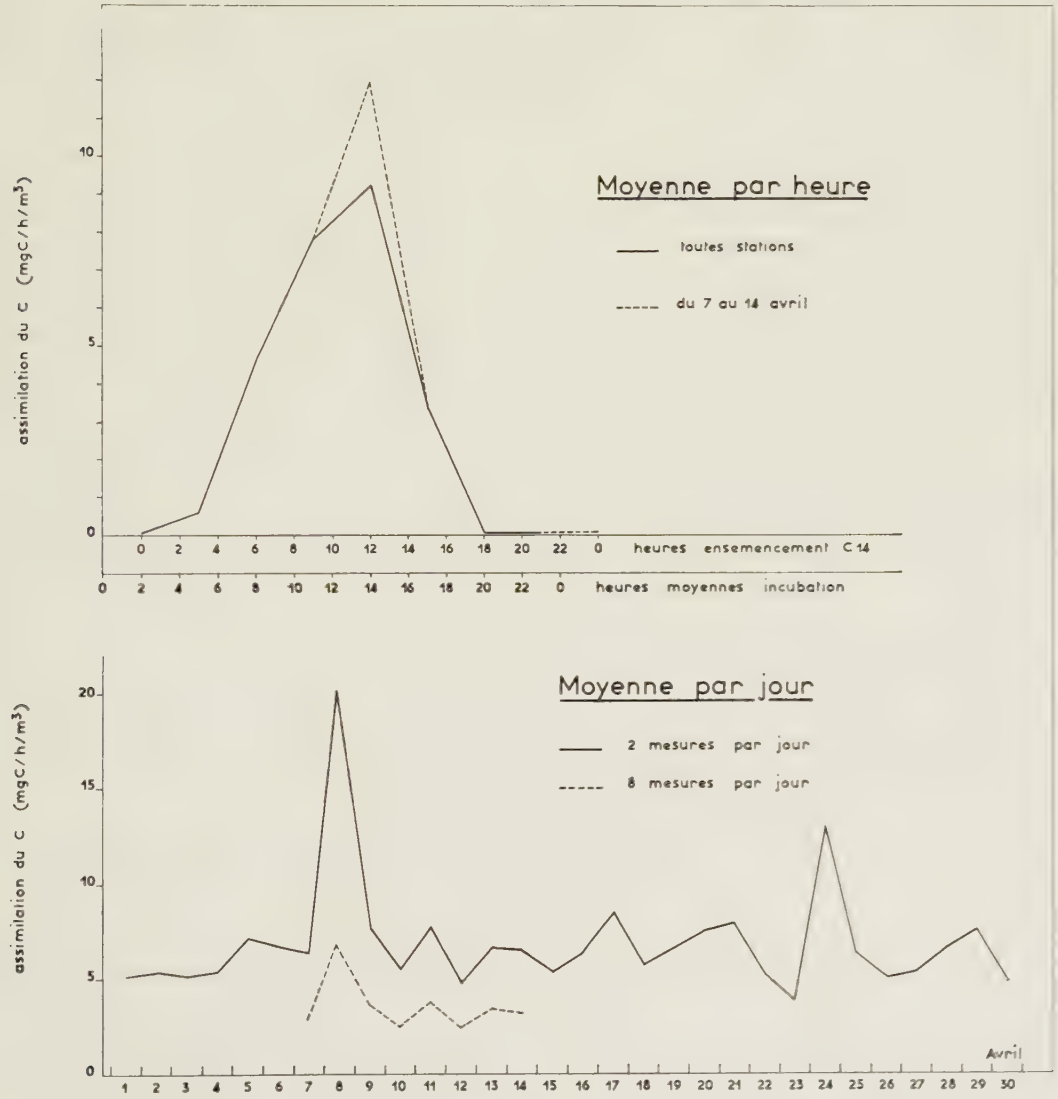

Fig. 5. — Variations des moyennes par heure et par jour du taux d'assimilation du carbone (méthode au C 14).

Compte tenu des inévitables erreurs expérimentales, on peut dire que, au cours du mois d'avril, la concentration moyenne journalière de chlorophylle *a* est restée à peu près constante et proche de 0,57 mg/m³ (0,69 mg/m³ en incluant les données des 8 et 24 avril).

4-5. **Taux d'assimilation du carbone (méthode au C 14) :**

Le taux d'assimilation du carbone a varié régulièrement au cours du mois d'avril. Seules ont été représentées dans la planche IX les variations survenues entre le 7 et le 14 avril, la courbe en traits interrompus illustrant les variations correspondantes de l'énergie lumineuse de surface en langley/minute.

Les fluctuations diurnes du taux d'assimilation (mgC/h/m³), visibles dans la planche IX, apparaissent encore très nettement sur la courbe supérieure de la figure 5 qui illustre les variations de la moyenne par heure (en traits interrompus, les modifications apportées à la courbe générale par la seule utilisation des données allant du 7 au 14 avril). Cependant ces moyennes doivent être rapportées à l'heure moyenne de la période d'incubation (4 heures) c'est-à-dire à l'heure de prélèvement plus 2 heures (échelle inférieure des abscisses). On constate alors que la presque-totalité de la courbe se trouve comprise entre 06.00 et 18.00 h. La croissance du taux d'assimilation est à peu près régulière entre 06.00 et 14.00 h, heure à laquelle il atteint sa valeur maximum voisine de 10 mgC/h/m³ ; sa décroissance se fait plus vite que son accroissement surtout entre 14.00 et 17.00 h où la valeur est déjà seulement de 3,36 mgC/h/m³. Aucune assimilation (ou presque) n'existe entre 18.00 et 05.00 heures.

Comme pour la chlorophylle *a*, ces larges variations diurnes du taux d'assimilation du C 14 s'opposent aux fluctuations relativement faibles de la moyenne journalière (fig. 5). Si l'on excepte, là aussi, les valeurs des 8 et 24 avril, on constate que toutes les valeurs sont comprises entre les limites extrêmes de 3,74 et 8,44 mgC/h/m³. Mais cet écart est le résultat des fluctuations calculées à partir de deux mesures par jour seulement (06.00 et 12.00 h) ; il serait considérablement réduit si les mesures avaient pu être plus nombreuses. La preuve en est fournie par les résultats obtenus durant la période du 7 au 14 avril sans y inclure le résultat du 8. En effet, si on ne retient dans le calcul des moyennes que les valeurs à partir des prélèvements de 06.00 et 12.00 h, les fluctuations sont comprises entre 4,78 et 7,61 mgC/h/m³ ; si tous les résultats servent au même calcul (prélèvements toutes les 3 heures soit 8 mesures par 24 heures), les limites de l'écart sont alors 2,41 et 3,71 mgC/h/m³. Compte tenu des obligatoires erreurs expérimentales, on peut donc dire que le taux moyen d'assimilation du C 14 par jour a varié, pendant le mois d'avril, dans d'étroites limites autour de la valeur moyenne de 6,87 mgC/h/m³ (8,28 mgC/h/m³ en incluant les données des 8 et 24 avril) calculée à partir de deux mesures seulement effectuées à 06.00 h et 12.00 h.

4-6. **Relations entre pigments, lumière et C 14.**

Les taux d'assimilation du C 14 sont liés aux teneurs en chlorophylle *a* et aux énergies lumineuses par les équations de régressions linéaires du tableau ci-dessous. Celle ayant trait à la corrélation lumière — C 14 est obtenue à partir des données fournies par les observations réalisées entre le 7 et le 14 (4 paires de mesures par 24 heures).

y = assimilation du C 14 (mgC/h/m³)				
x =	équation de la régression	N	r	significatif au seuil de
Chlor. *a* (mg/m³) à 06.00 h.....	y = 2,337+5,175 x	30	0,509	1 %
Chlor. *a* (mg/m³) à 12.00 h.....	y = 5,113+3,532 x	30	0,928	1 ‰
Énergie (ly/min) pendant période incubation.....	y = 2,235+0,209 x	24	0,695	1 ‰

On constate que la corrélation est extrêmement forte entre l'énergie lumineuse et l'assimilation du C 14 d'une part et entre la teneur en chlorophylle *a* et cette même assimilation au prélèvement de 12.00 h d'autre part. Elle est moins nette, quoique toujours significative au seuil de 1 %, entre la chlorophylle *a* et le C 14 à 06.00 h.

Cependant nous avons vu que la teneur en chlorophylle *a*, au cours de notre expérimentation, a varié avec une périodicité diurne au même titre que le taux d'assimilation du C 14 et l'énergie lumineuse. En effet, la régression de la concentration moyenne par heure en chlorophylle *a* (y) par rapport à l'énergie lumineuse moyenne par heure (x) s'exprime ainsi :

$y = 0{,}397 + 2{,}074\ x$ avec $N = 6$; $r = 0{,}880$ donc significatif au seuil de 2 °/₀, et presque 1 °/₀₀ (0,917).

Bien que le nombre de paires de l'échantillon soit réduit, on peut cependant conclure qu'il existe une corrélation significative entre les variations de la lumière et de la chlorophylle *a*.

En bref, il apparaît que la lumière déclenche une série de phénomènes qui contrôlent le bilan photosynthétique final. Le premier rôle de l'énergie lumineuse avec l'apparition du jour serait de favoriser la transformation de produits cellulaires en chlorophylle *a* active ; celle-ci en effet n'est pas présente à l'état inactif pendant les heures d'obscurité mais partiellement absente donc nécessaire à reconstituer chaque jour. L'énergie lumineuse atteignant son maximum autour de 12.00 h, elle provoquerait l'inhibition caractéristique bien connue de la photosynthèse (Doty et Oguri, 1957) suivant un mécanisme dans lequel la destruction de chlorophylle *a* serait l'un des éléments les plus importants.

Des variations diurnes simultanées et parallèles du taux de l'assimilation du carbone et de la concentration en chlorophylle *a* ont déjà été signalées en d'autres régions : Yentsch et Ryther (1957) ont noté ce phénomène en baie de Woods Hole, Shimada (1958) dans le Pacifique oriental. Cette corrélation ne peut pas seulement s'expliquer par des variations dans l'importance de la population mais tire son origine de la variation de l'énergie lumineuse. C'est ce que nous avons mis en évidence dans ce texte.

4-7. **Indices de la production primaire.**

Strickland (1960) a précisé les données qui permettent le calcul de PI = *Productivity index*. Cet indice de productivité est obtenu par la formule suivante :

$$PI = \frac{\text{taux d'accroissement du carbone}}{\text{quantité de carbone des plantes} \times \text{illumination}}$$

C'est le taux d'assimilation du carbone par unité de carbone contenu dans la plante et par unité d'illumination. On a donc :

$$PI = \frac{(\text{mgC/h/m}^3)}{(\text{mgC/m}^3) \times (\text{ly/min})}$$

Par ailleurs Strickland (1960) a précisé que la quantité de carbone associé aux cellules végétales peut être calculée à partir de la formule :

$$\text{mgC} = F \times \text{mm}^3 \text{ (volume des algues)}$$

où F varie entre 0,09 et 0,15. Ces valeurs sont en accord avec celles données par Cushing (1957) et Cushing et Nicholson (1957). Ces derniers ont trouvé par expérimentation directe un chiffre de 0,13 pour l'espèce *Skeletonema costatum*. Smayda (1965) a adopté dans ses calculs une valeur de F égale à 0,12. Compte tenu de ces éléments, nous avons adopté ici la valeur trouvée expérimentalement sur *Skeletonema costatum*, soit 0,13. De la sorte, on a :

$$\text{mgC/m}^3 = 0{,}13 \times \text{vol. algues en mm}^3/\text{m}^3$$

le volume choisi étant le volume total de la biomasse : $> 5\,\mu$ (PV et V) + $< 5\,\mu$. En ce qui concerne les valeurs de l'illumination, ou énergie lumineuse, nous avons utilisé la valeur moyenne de l'énergie parvenant à nos échantillons au cours de leurs périodes respectives d'incubation *in situ*. Cette énergie moyenne a été mesurée dans sa totalité avec la cellule photoélectrique ; en accord avec Strickland (1958), nous avons estimé comme étant une approximation suffisante de considérer que 50 % de ces radiations totales étaient utiles dans le phénomène de photosynthèse (longueurs d'onde comprises entre 3 800 et 7 200 A).

Le dernier indice que nous avons calculé est celui utilisé par Smayda (1965) qui n'est d'ailleurs qu'une légère modification de celui précisé par Forsbergh (1963). Il s'agit de RE = *Relative efficiency*.

$$RE = \frac{\text{taux d'accroissement du carbone}}{\text{concentration en chlorophylle } a \times \text{illumination}}$$

Il correspond au taux d'assimilation du carbone par unité de chlorophylle *a* et par unité d'illumination.

On a

$$RE = \frac{(\text{mgC/h/m}^3)}{(\text{mg/m}^3 \text{ chl. } a) \times (\text{ly/heure})}$$

De la même façon que pour PI, l'énergie lumineuse utilisée est la valeur moyenne de cette énergie parvenant aux échantillons pendant 1 heure au cours de leurs périodes respectives d'incubation *in situ* et ne comprenant que les radiations de longueurs d'onde utiles à la photosynthèse (dans la pratique, la moitié de l'énergie mesurée à l'aide de la cellule photoélectrique).

Indices PI et RE

Jour	Heure	PI	RE	Jour	Heure	PI	RE	Jour	Heure	PI	RE
1	06.00	0,46	0,37	11	06.00	1,00	0,76	21	06.00	0,41	0,66
	12.00	0,36	0,39		12.00	0,57	0,47		12.00	0,55	0,51
2	06.00	0,66	0,51	12	06.00	0,85	1,15	22	06.00	0,40	0,66
	12.00	0,32	0,49		12.00	0,68	0,56		12.00	—	—
3	06.00	0,82	0,59	13	06.00	2,12	1,09	23	06.00	0,19	0,77
	12.00	0,87	0,24		12.00	1,28	0,84		12.00	0,19	0,27
4	06.00	0,53	0,63	14	06.00	0,58	0,42	24	06.00	0,22	0,50
	12.00	0,26	0,21		12.00	0,41	0,29		12.00	0,05	0,23
5	06.00	0,45	0,79	15	06.00	0,58	0,49	25	06.00	0,61	0,58
	12.00	0,28	0,25		12.00	0,24	0,33		12.00	0,80	0,46
6	06.00	0,65	0,76	16	06.00	0,62	0,86	26	06.00	1,00	0,88
	12.00	0,18	0,26		12.00	0,46	0,41		12.00	0,23	0,24
7	06.00	0,40	0,56	17	06.00	0,64	0,71	27	06.00	0,85	0,69
	12.00	0,46	0,37		12.00	0,87	0,45		12.00	0,57	0,48
8	06.00	0,26	0,36	18	06.00	0,42	0,42	28	06.00	1,79	0,82
	12.00	0,03	0,18		12.00	0,55	0,38		12.00	0,38	0,47
9	06.00	0,52	0,51	19	06.00	0,67	0,79	29	06.00	1,11	0,36
	12.00	0,97	0,86		12.00	0,51	0,20		12.00	0,64	0,46
10	06.00	0,59	0,52	20	06.00	0,52	0,88	30	06.00	0,89	0,62
	12.00	0,49	0,39		12.00	0,08	0,28		12.00	0,25	0,32

Le tableau précédent comprend des valeurs de PI qui sont généralement faibles par rapport à celles rencontrées dans les eaux tempérées (Strickland, 1960 ou Mc Allister *et al.*, 1961) mais voisines de celles déjà notées en eaux tropicales (Smayda, 1965, dans les eaux du golfe de Panama). Il est par ailleurs remarquable que les valeurs observées après le prélèvement de 06.00 h sont en

général supérieures à celles provenant de l'échantillon de 12.00 h. Cette dernière remarque s'applique aussi aux valeurs de RE, les moyennes générales sur 30 jours étant :

Incubation		PI	RE
Début	Fin		
06.00 h	10.00 h	0,69	0,66
12.00 h	16.00 h	0,54	0,39

Or les indices de 06.00 h sont obtenus avec une illumination moyenne de 0,14 ly/min tandis que les indices de 12.00 h sont calculés à partir d'une énergie lumineuse moyenne de 0,26 ly/min. Ces énergies sont situées de part et d'autre de la valeur généralement admise comme constituant l'intensité maximum en deçà de laquelle la photosynthèse s'accroît avec la lumière et au delà de laquelle la photosynthèse est inhibée par une illumination trop forte. Steemann Nielsen and Al Kholy (1956) situent cette valeur à 0,14 ly/min dans le Pacifique ouest ; d'autres auteurs tels Steemann Nielsen and Jensen (1957), Doty (1957) donnent des valeurs comprises entre 0,10 et 0,14 ly/min. Ryther (1957) fixe cette intensité, qui correspond aussi au maximum de la photosynthèse à 0,15 ly/min pour les Diatomées et à une valeur non définie mais un peu plus élevée pour les Dinoflagellés. Si donc on admet que l'énergie lumineuse optimum est approximativement de 0,15 ly/min, on constate que les valeurs de PI et RE à 06.00 h correspondent à celles d'une population phytoplanctonique au maximum de sa puissance photosynthétique pour le jour considéré compte tenu des autres facteurs limitatifs, de milieu ou autres. Au contraire, les PI et RE de 12.00 h caractérisent une population phytoplanctonique en train de subir des dommages importants par suite d'une trop intense illumination, tous autres facteurs intervenant librement. Ces derniers facteurs ayant varié au cours du mois de l'expérience, les variations des valeurs moyennes de PI et RE ont toutes les chances d'être presque exclusivement sous la dépendance de l'énergie lumineuse. On constate alors que :

PI à 12.00 h = 78 % de PI à 06.00 h
RE à 12.00 h = 59 % de RE à 06.00 h

L'indice de productivité PI mesure l'intensité de la production, ou encore la vitalité, de la population étudiée. On voit donc que le dépassement du seuil d'inhibition dû à l'augmentation de l'intensité lumineuse réduit de 25 % environ la vitalité de la population, celle-ci étant caractérisée par le contenu en carbone de sa biomasse calculée sur le seul volume utile à la photosynthèse (PV pour les Diatomées+V pour les autres groupes).

L'indice d'efficacité relative RE mesure le pouvoir de synthèse de la chlorophylle *a* en fonction de l'énergie lumineuse. On constate que le dépassement du même seuil d'inhibition provoque une réduction de près de 40 % de ce pouvoir de synthèse, et ceci sans tenir compte de la diminution de la quantité de chlorophylle *a* qui a déjà été mise en évidence précédemment.

Tout se passe donc comme si les populations phytoplanctoniques échantillonnées le matin étaient physiologiquement saines et réagissaient à l'accroissement de la lumière du jour par un métabolisme de plus en plus actif conduisant à une synthèse accrue de matière vivante et, par contre coup, à une libération d'oxygène importante. Au contraire, dès le niveau énergétique de 0,15 ly/min atteint, il y a réduction très sensible de ce métabolisme. Les valeurs absolues des éléments en cause (mgC/h/m^3, mg/m^3 chlor. *a*, ml/l O_2 dissous) restent encore importantes pendant quelques heures parce qu'elles bénéficient au départ des quantités élevées obtenues après la phase de croissance matinale ; mais, du fait de l'efficacité réduite des mécanismes qui contrôlent la photosynthèse et qui sont apparents dans les valeurs de PI et RE, leur décroissance fait ensuite atteindre à ces divers éléments des valeurs minima.

Par ailleurs, les deux indices ont varié au cours du mois d'avril. Nous avons cherché à savoir s'ils étaient reliés, comme les éléments ayant servi à leurs calculs, aux variations de la salinité. Cette hypothèse a été testée comme précédemment et a conduit au tableau suivant :

y = salinité °/₀₀ moyenne au jour J					
x =	équation de la régression	N	r	r_1	r — % r_1
PI à 12.00 h.....	y = — 12+0,336 x	29	0,259	0,580	43
RE à 06.00 h.....	y = — 8+0,258 x	30	0,268	0,571	47

avec r = coefficient de corrélation de l'échantillon

r_1 = coefficient de corrélation qui indiquerait une signification au seuil de 1 °/₀₀.

Seules les valeurs de x du tableau s'approchent d'une valeur significative bien que les corrélations soient toutes deux non significatives au niveau de 5 %. Cependant l'hypothèse formulée ne peut pas être considérée comme totalement sans valeur puisque r représente 43 % et 47 % de r_1 pour PI à 12.00 h d'une part et RE à 06.00 h d'autre part. Dans ces conditions, il apparaît que PI et RE peuvent être partiellement sous la dépendance des variations de salinité au cours du mois considéré.

5. *DISCUSSION*

L'étude qui précède rend sensible le groupement des données observées suivant trois grandes catégories dont les variations respectives sont illustrées dans les différents graphiques.

Une première famille d'éléments s'illustre par des courbes aux variations très réduites au point qu'il est permis de parler de stabilité. Ce sont :

les moyennes journalières de la température (degré C) ;
les moyennes par heure de la salinité (S °/₀₀) ;
les moyennes journalières de l'O_2 dissous (ml/l) ;
les moyennes journalières de la chlorophylle *a* (mg/m³) ;
les moyennes journalières de l'assimilation du carbone (mgC/h/m³).

Une deuxième famille d'éléments est définie par des courbes qui varient parallèlement pendant une période de 24 heures, ce sont :

les moyennes par heure de la température (degré C) ;
les moyennes par heure de la densité (σ_t) ;
les moyennes par heure de l'O_2 dissous (ml/l) ;
les moyennes par heure du pourcentage de saturation en O_2 dissous ;
les moyennes par heure de la chlorophylle *a* (mg/m³) ;
les moyennes par heure de l'assimilation du carbone (mgC/h/m³) ;
les moyennes par heure de l'énergie lumineuse (ly/min).

Une troisième famille d'éléments est représentée par des courbes qui varient ensemble sur de longues périodes ; dans l'expérience ici réalisée, ces variations s'étalent sur un mois d'observation. Ce sont :

les moyennes journalières de la salinité (S °/₀₀) au jour J ;
les hauteurs de la marée au jour J (m) ;
les moyennes journalières de la densité au jour J (σ_t) ;
les nombres totaux de cellules $> 5\ \mu$ au jour (J+1) ;
les nombres des Diatomées Centriques au jour (J+2) ;
les nombres des Cyanophycées au jour J ;
les valeurs de la biomasse (PV) des Diatomées Centriques au jour (J+2).

Tous les éléments de cette troisième famille varient ensemble de manière très étroite puisque les corrélations statistiques par rapport à la salinité sont toutes significatives au seuil minimum de 5 %. On peut y adjoindre un autre ensemble d'éléments qui ne sont plus reliés à la salinité par une signification statistique valable mais qui montrent une tendance à varier de manière parallèle ; ce sont :

les nombres des Péridiniens au jour (J+1) ;
les nombres des Diatomées Pennées au jour J ;
les valeurs de la biomasse (V) des Péridiniens au jour (J+1) ;
les valeurs de la biomasse (V) des Cyanophycées au jour J ;
les valeurs de PI au prélèvement de 12.00 h ;
les valeurs de RE au prélèvement de 06.00 h.

La stabilité de la première famille indique que nous sommes en présence d'un système biologique aux caractéristiques bien définies et dont les variations sont suffisamment faibles, compte tenu des écarts normaux constatés dans tout phénomène biologique, pour que l'étude de ses divers constituants soit possible.

La deuxième famille d'éléments groupe toutes les moyennes par heure ; celles-ci sont reliées de manière significative soit à l'énergie lumineuse soit à la température de l'eau de mer. Cependant, cette température n'est qu'une autre expression de l'énergie lumineuse, l'énergie étant responsable d'une part de la mise en route et du fonctionnement de la photosynthèse, d'autre part du bilan thermique de l'air ou de l'eau à la suite de sa transformation en chaleur directement reliée à la quantité d'énergie. Finalement, le seul élément responsable de l'évolution par heure des caractéristiques physicochimiques du milieu aquatique et physiologiques de la population phytoplanctonique est la quantité d'énergie lumineuse qui atteint la surface de l'eau pendant les heures du jour.

Notons que cette dominance de l'illumination sur l'évolution quotidienne de tout le système étudié se fait suivant une cascade de réactions non pas simultanées mais intervenant les unes après les autres et qui peuvent être schématisées de la manière suivante.

Avec l'apparition du jour, le phénomène de photosynthèse s'amorce et la température de l'eau commence à croître. Il résulte de cette élévation de température que le métabolisme des plantes est de plus en plus actif et devient de plus en plus efficace. Finalement, il y a donc un accroissement toujours plus rapide des quantités de matière carbonée synthétisées tandis qu'il y a libération dans l'eau de quantités correspondantes d'oxygène dissous conduisant très vite à une sursaturation en cet élément, autour de 10.30 h. Le rendement, ou l'efficacité, du système eau-phytoplancton tend alors vers un maximum qu'il atteint autour de 10.00 à 11.00 h lorsque l'énergie lumineuse dispensée par le soleil est de l'ordre de 0,15 ly/min (moyenne de 4 heures).

Le dépassement de cette valeur énergétique conduit à une inhibition temporaire de la photosynthèse suivant un mécanisme certainement très complexe mais dont l'un des éléments essentiels est la destruction partielle de la chlorophylle *a*. Il s'ensuit une réduction très importante de l'efficacité du système, réduction de 25 % de la vitalité de la population (PI) et de 40 % du rendement photosynthétique de la chlorophylle *a* restante (RE). Ces heures d'éclairement maximum et de photosynthèse réduite sont cependant celles où les produits fournis par la photosynthèse se rencontrent avec leurs valeurs absolues maxima ; cette apparente contradiction provient du fait que l'ensemble du système bénéficie des conditions très favorables que lui a légué la fin de la phase matinale à rendement optimum. On observe alors un taux d'assimilation du carbone maximum (9 mgC/h/m^3 environ en moyenne, incubation *in situ* de 4 heures) et un pourcentage de saturation en O_2 dissous maximum (108 % en moyenne) autour de 13.00 h. La phase d'inhibition de la photosynthèse dure jusqu'à l'heure où l'énergie lumineuse, décroissant avec le soir, franchit dans l'autre sens le seuil de 0,15 ly/min (moyenne de 4 heures), soit aux alentours de 14.00 h.

De 14.00 h à la nuit, c'est-à-dire 18.00 h étant donné la localisation du lieu d'observation relativement proche de l'équateur, la photosynthèse peut de nouveau reprendre son rendement

normal mais l'éclairement n'est plus suffisant pour entraîner un fonctionnement correct du système. Il y a alors diminution rapide du carbone assimilé jusqu'à une valeur nulle à 18.00 h et disparition de la sursaturation en oxygène dissous autour de 17.30 h. Notons encore que la quantité de chlorophylle *a* reste stable pendant cette période de 4 heures (un peu plus de 0,7 mg/m^3 en moyenne), corollaire logique du fait que l'intensité lumineuse ne provoque plus la destruction de chlorophylle.

Enfin, de 18.00 à 06.00 h, l'énergie lumineuse nulle empêche évidemment toute réaction photosynthétique tandis que la respiration du phytoplancton provoque une chute lente de la quantité d'oxygène dissous dans l'eau jusqu'à 4,25 ml/l en moyenne. De la même façon, la teneur en chlorophylle *a* décroît lentement jusqu'à se stabiliser autour de 03.00 h vers 0,45 mg/m^3 en moyenne.

L'étude de cette pulsation du système eau-phytoplancton fait suggérer un certain nombre de remarques concernant la signification des éléments observés.

La teneur en chlorophylle *a* est la plus directement reliée à la valeur optimum de l'énergie lumineuse ; elle peut donc être comparée aux fluctuations de l'indice de productivité PI, c'est-à-dire à celles de la vitalité de la population phytoplanctonique.

Le pourcentage de sursaturation en oxygène dissous correspond à un indice de mesure de l'excès de matière synthétisée au cours des heures de jour, c'est-à-dire de la production nette, puisque d'une part carbone dans la plante et oxygène dans l'eau varient parallèlement à partir du gaz carbonique utilisé par la photosynthèse, d'autre part l'oxygène de l'eau sert aussi à entretenir la respiration de la plante avec libération dans l'eau de gaz carbonique.

Le taux d'assimilation du C 14 est, lui aussi, un indice de mesure de la production nette. Il ne peut cependant pas être considéré comme une mesure directe de cette production nette. En effet, d'une part la photosynthèse utilise d'autre carbone que celui marqué au C 14, d'autre part il a été montré qu'il existe une ré-assimilation du carbone à l'intérieur même de la cellule (Weigl et al., 1951 ; Ryther, 1956). Dans ces conditions, l'assimilation du C 14 est une mesure intermédiaire entre la production nette et la production brute. Cependant, on peut penser que le taux d'assimilation du C 14 est plus ou moins grand selon la vitalité de la population échantillonnée. La valeur de ce taux par rapport au taux de production nette serait donc dépendant de la valeur de l'indice de productivité PI.

Si l'on examine maintenant la troisième famille d'éléments observés telle que définie au début de ce chapitre, on constate que les variations sur de longues périodes des données recueillies sont en général reliées aux variations de la salinité. Or celles-ci sont sous la dépendance de la hauteur de la marée, l'eau étant plus salée avec les vive-eaux et *vice versa*. Il apparaît de la sorte que les nombres de cellules et la biomasse du phytoplancton restent dépendants de la marée dans les conditions de nos observations, c'est-à-dire sur le littoral d'une baie par des profondeurs variant entre 0,5 et 5 mètres selon les marées. Ceci est particulièrement net en ce qui concerne les Diatomées Centriques qui réagissent avec 2 jours de retard aux variations du milieu, leur abondance étant plus grande en période de vive-eau. Les Cyanophycées réagissent de manière inverse et aussitôt la variation du milieu.

En bref, pendant la période de nos observations, les fluctuations du système eau-phytoplancton ont été sous la dépendance directe de deux facteurs essentiels. D'une part, la variation du milieu due au cycle des marées a contrôlé le développement des populations phytoplanctoniques, terme que nous avions déjà mis en évidence (Angot, 1965 b) sans définir que la hauteur de la marée pouvait à elle seule avoir une action décisive sur la salinité du milieu. D'autre part, la variation de l'énergie lumineuse parvenant à la surface de l'eau pendant les heures du jour a contrôlé la photosynthèse et les caractères physicochimiques du milieu parmi lesquels l'oxygène dissous dont nous avions déjà noté, mais sans en comprendre le mécanisme, les fluctuations d'abondance en fonction des heures de prélèvement (Gérard, 1964). L'évolution de l'ensemble du système étudié est donc sous la dépendance directe de deux phénomènes d'origine astronomique.

TABLE 1

MOYENNES JOURNALIÈRES DES TEMPÉRATURES

DATE	MOY.	MAXI	MINI	DIFF.
1er avril	29.6	32.1	28.4	3.7
2	29.3	30.8	28.2	2.6
3	29.3	31.6	28.3	3.3
4	28.9	30.2	28.1	2.1
5	28.8	29.6	28.2	1.4
6	29.3	31.1	27.9	3.2
7	29.7	31.2	28.7	2.5
8	29.7	31.0	28.9	2.1
9	29.0	30.1	28.3	1.8
10	29.1	30.6	28.1	2.5
11	29.5	30.8	28.7	2.1
12	29.2	30.5	28.0	2.5
13	29.0	30.1	27.6	2.5
14	29.2	30.6	28.4	2.2
15	29.4	30.6	28.6	2.0
16	29.2	30.2	28.5	1.7
17	29.3	30.9	28.4	2.5
18	29.4	31.8	28.3	3.5
19	29.4	30.4	28.3	2.1
20	29.6	31.0	28.4	2.6
21	29.4	30.8	28.5	2.3
22	29.7	30.9	28.6	2.3
23	29.7	30.7	28.5	2.2
24	29.7	30.7	28.4	2.3
25	29.7	30.7	28.9	1.8
26	29.2	30.3	28.3	2.0
27	29.0	29.7	28.4	1.3
28	29.3	30.7	28.6	2.1
29	29.3	30.9	28.4	2.5
30	28.7	29.6	27.9	1.7

TABLE 2

MOYENNES PAR HEURE DES TEMPÉRATURES

HEURE	MOY.	MAXI	MINI	DIFF.
1 heure	28.7	29.4	27.6	1.8
2	28.7	29.4	28.1	1.3
3	28.7	29.2	27.9	1.3
4	28.6	29.0	28.1	0.9
5	28.5	29.0	28.1	0.9
6	28.5	29.1	28.1	1.0
7	28.7	29.2	28.3	0.9
8	29.0	29.7	28.4	1.3
9	29.3	30.0	28.5	1.5
10	29.7	30.3	28.9	1.4
11	30.1	30.9	29.1	1.8
12	30.4	31.8	29.4	2.4
13	30.4	32.1	29.4	2.7
14	30.3	31.1	29.2	1.9
15	30.3	31.4	29.4	2.0
16	30.0	30.8	29.3	1.5
17	29.7	30.2	29.1	1.1
18	29.5	30.3	28.9	1.4
19	29.4	30.2	28.7	1.5
20	29.2	30.0	28.0	2.0
21	29.1	29.7	28.3	1.4
22	29.0	29.7	28.2	1.5
23	28.9	29.7	28.0	1.7
24	28.8	29.6	27.9	1.7

TABLE 3

MOYENNES JOURNALIÈRES DES SALINITÉS

DATE	MOY.	MAXI	MINI	DIFF.
1er avril	33.31	33.50	32.98	0.52
2	33.59	33.74	33.18	0.56
3	33.78	34.09	33.65	0.44
4	33.77	33.89	33.28	0.61
5	33.84	33.88	33.80	0.08
6	33.85	33.94	33.55	0.39
7	33.66	33.85	33.16	0.69
8	33.19	33.30	33.07	0.23
9	33.52	33.96	33.13	0.83
10	33.89	34.01	33.76	0.25
11	33.69	33.84	33.45	0.39
12	33.62	33.75	33.04	0.71
13	33.87	34.08	33.09	0.99
14	33.89	33.95	33.83	0.12
15	33.70	33.94	33.40	0.54
16	33.85	34.00	33.62	0.38
17	33.92	33.98	33.80	0.18
18	33.95	34.00	33.77	0.23
19	33.87	33.96	33.70	0.26
20	33.82	33.91	33.74	0.17
21	33.65	33.84	33.30	0.54
22	33.43	33.59	33.28	0.31
23	33.64	33.74	33.53	0.21
24	33.42	33.55	33.36	0.19
25	33.38	33.45	33.35	0.10
26	33.36	33.79	33.25	0.54
27	33.43	33.82	33.27	0.55
28	33.55	33.65	33.46	0.19
29	33.58	33.66	33.38	0.28
30	33.49	33.63	33.19	0.44

TABLE 4

MOYENNES PAR HEURE DES SALINITÉS

HEURE	MOY.	MAXI	MINI	DIFF.
1 heure	33.61	33.98	33.09	0.89
2	33.64	33.99	33.07	0.92
3	33.66	33.97	33.15	0.82
4	33.66	33.98	33.20	0.78
5	33.67	34.00	33.23	0.77
6	33.68	34.08	33.16	0.92
7	33.67	34.08	33.16	0.92
8	33.67	34.02	33.25	0.77
9	33.67	34.00	33.25	0.75
10	33.66	33.98	33.16	0.82
11	33.67	33.98	33.27	0.71
12	33.67	34.00	33.20	0.80
13	33.69	34.00	33.24	0.76
14	33.67	33.95	33.25	0.70
15	33.67	34.09	33.28	0.81
16	33.67	33.96	33.25	0.71
17	33.67	33.99	33.28	0.71
18	33.66	33.96	33.20	0.76
19	33.65	33.94	33.16	0.78
20	33.62	33.96	33.07	0.89
21	33.60	33.97	33.04	0.93
22	33.61	33.95	33.13	0.82
23	33.60	33.96	32.98	0.98
24	33.62	33.96	33.13	0.83

TABLE 5

Moyennes journalières des densités

DATE	MOY.	MAXI	MINI	DIFF.
1er avril	20.63	20.99	19.94	1.05
2	20.94	21.27	20.46	0.81
3	21.07	21.38	20.25	1.13
4	21.21	21.54	20.43	1.11
5	21.26	21.49	20.98	0.51
6	21.12	21.54	20.56	0.98
7	20.86	21.32	20.36	0.96
8	20.50	20.79	20.06	0.73
9	20.98	21.54	20.54	1.00
10	21.20	21.60	20.70	0.90
11	20.93	21.24	20.61	0.63
12	20.99	21.25	20.61	0.64
13	21.25	21.63	20.88	0.75
14	21.17	21.46	20.75	0.71
15	20.98	21.33	20.54	0.79
16	21.17	21.37	20.88	0.49
17	21.19	21.47	20.62	0.85
18	21.16	21.54	20.39	1.15
19	21.10	21.51	20.79	0.72
20	21.01	21.41	20.57	0.84
21	20.93	21.28	20.62	0.66
22	20.68	20.94	20.26	0.68
23	20.84	21.24	20.52	0.72
24	20.65	21.08	20.30	0.78
25	20.64	20.92	20.27	0.65
26	20.78	21.37	20.34	1.03
27	20.91	21.13	20.70	0.43
28	20.91	21.12	20.42	0.70
29	20.94	21.21	20.43	0.78
30	21.04	21.28	20.64	0.64

TABLE 6

Moyennes par heure des densités

HEURE	MOY.	MAXI	MINI	DIFF.
1 heure	21.15	21.55	20.67	0.88
2	21.16	21.57	20.64	0.93
3	21.18	21.60	20.77	0.83
4	21.20	21.58	20.77	0.81
5	21.24	21.60	20.79	0.81
6	21.25	21.63	20.68	0.95
7	21.18	21.58	20.64	0.94
8	21.08	21.56	20.64	0.92
9	21.00	21.40	20.54	0.86
10	20.86	21.25	20.30	0.95
11	20.71	21.13	20.14	0.99
12	20.61	21.07	20.06	1.01
13	20.63	21.09	19.94	1.15
14	20.66	21.10	20.15	0.95
15	20.66	21.05	20.22	0.83
16	20.74	21.12	20.24	0.88
17	20.86	21.16	20.50	0.66
18	20.92	21.31	20.48	0.83
19	20.94	21.28	20.40	0.88
20	20.97	21.34	20.50	0.84
21	21.01	21.38	20.50	0.88
22	21.05	21.44	20.62	0.82
23	21.08	21.49	20.60	0.89
24	21.12	21.54	20.64	0.90

TABLE 7

MOYENNES JOURNALIÈRES DES TENEURS EN O^2 DISSOUS D'UNE PART EN VALEUR ABSOLUE, D'AUTRE PART EN POURCENTAGE DE SATURATION

DATE	O^2 ml/l				O^2 %			
	MOY.	MAXI	MINI	DIFF.	MOY.	MAXI	MINI	DIFF.
1er avril	4.44	5.18	3.92	1.26	95.9	118.3	83.8	34.5
2	4.43	4.88	4.05	0.83	95.9	108.2	86.2	22.0
3	4.42	4.95	4.20	0.75	95.9	104.5	89.9	14.6
4	4.46	5.15	4.06	1.09	95.9	113.4	86.9	26.5
5	4.39	4.65	4.02	0.63	94.3	100.9	87.8	13.1
6	4.54	5.55	3.87	1.68	97.7	125.0	82.5	42.5
7	4.60	5.44	4.16	1.28	99.7	122.0	89.7	32.3
8	4.54	5.55	3.95	1.60	97.6	115.1	85.1	30.0
9	4.37	4.88	4.03	0.85	93.7	104.8	87.3	17.5
10	4.41	5.45	3.74	1.71	94.9	118,1	79.7	38.4
11	4.44	4.96	4.03	0.93	96.1	110.7	89.8	20.9
12	4.31	4.80	4.01	0.79	93.1	106.7	85.5	21.2
13	4.33	4.85	3.78	1.07	93.2	100.0	81.1	18.9
14	4.52	5.30	4.09	1.21	97.5	115.1	88.1	27.0
15	4.44	4.93	4.09	0.84	96.0	110.0	88.0	22.0
16	4.42	4.97	4.06	0.91	95.6	109.5	87.1	22.4
17	4.47	5.33	4.14	1.19	96.3	105.8	89.2	16.6
18	4.52	5.17	4.05	1.12	97.9	115.7	87.7	28.0
19	4.50	5.11	4.17	0.94	97.5	110.4	89.7	20.7
20	4.56	5.63	4.26	1.37	99.1	120.6	91.3	29.3
21	4.49	5.38	4.09	1.29	97.3	120.1	87.8	32.3
22	4.52	5.27	4.24	1.03	98.9	114.3	92.0	22.3
23	4.66	5.41	4.34	1.07	102.0	120.8	93.9	26.9
24	4.62	5.41	4.25	1.16	100.2	120.5	92.9	27.6
25	4.53	5.09	4.27	0.82	98.4	110.2	92.7	17.5
26	4.48	5.13	3.83	1.30	96.1	113.2	82.1	31.1
27	4.43	5.07	3.95	1.12	95.0	107.4	86.1	21.3
28	4.46	4.94	3.98	0.96	96.1	110.0	85.6	24.4
29	4.44	4.91	4.02	0.89	95.1	108.6	85.9	22.7
30	4.40	4.73	4.09	0,64	94.2	102.8	87.6	15.2

TABLE 8

MOYENNES PAR HEURE DES TENEURS EN O^2 DISSOUS D'UNE PART EN VALEUR ABSOLUE, D'AUTRE PART EN POURCENTAGE DE SATURATION

HEURE	O^2 ml/l				O^2 %			
	MOY.	MAXI	MINI	DIFF.	MOY.	MAXI	MINI	DIFF.
1	4.23	4.62	3.87	0.75	90.9	99.4	82.5	16.9
2	4.27	4.62	3.87	0.75	91.8	99.4	82.7	16.7
3	4.29	4.66	3.82	0.84	92.1	100.0	81.4	18.6
4	4.26	4.45	3.74	0.71	91.5	96.1	79.7	16.4
4.30	4.25	4.49	3.95	0.54				
5	4.24	4.41	3.85	0.56	91.0	94.4	82.1	12.3
5.30	4.24	4.58	3.83	0,75				
6	4.24	4.40	3.92	0.48	90.9	94.2	83.9	10.3
6.30	4.23	4.42	4.03	0.39				
7	4.23	4.38	3.97	0.41	91.0	94.8	85.2	9.6
7.30	4.25	4.40	3.89	0.51				
8	4.26	4.40	3.78	0.62	92.1	95.7	81.1	14.6
8.30	4.29	4.49	3.87	0.62				
9	4.33	4.72	4.12	0.60	94.2	103.3	88.6	14.7
9.30	4.38	4.95	4.20	0.75				
10	4.45	4.96	4.23	0.73	97.5	109.7	91.6	18.1
10.30	4.56	4.99	4.27	0.72				
11	4.68	5.29	4.30	0.99	103.2	118.1	93.3	24.8
11.30	4.68	5.44	4.26	1.18				
12	4.72	5.55	4.26	1.29	104.7	125.0	93.4	31.6
12.30	4.84	5.55	4.44	1.11				
13	4.86	5.36	4.41	0.95	107.9	119.4	97.1	22.3
13.30	4.88	5.63	4.33	1.30				
14	4.85	5.43	4.36	1.07	107.5	121.7	96.2	25.5
14.30	4.83	5.45	4.41	1.04				
15	4.79	5.29	4.41	0.88	106.1	118.1	97.6	20.5
15.30	4.75	5.23	4.44	0.79				
16	4.68	5.18	4.39	0.79	103.2	115.1	96.5	18.6
16.30	4.66	5.07	4.37	0.70				
17	4.61	4.90	4.38	0.52	100.9	107.9	95.6	12,3
17.30	4.57	4.84	4.35	0.49				
18	4.51	4.74	4.29	0.45	98.4	103.0	93.3	9.7
18.30	4.50	4.71	4.33	0.38				
19	4.48	4.69	4.23	0.46	97.6	101.3	91.8	9.5
19.30	4.46	4.91	4.17	0.74				
20	4.39	4.67	4.09	0.58	95.2	102.6	88.7	13.9
21	4.32	4.55	4.01	0.54	93.6	99.3	85.5	13.8
22	4.29	4.70	3.92	0.78	92.7	103.1	83.8	19.3
23	4.25	4.54	4.02	0.52	91.7	99.3	85.9	13.4
24	4.25	4.52	4.06	0,46	91.4	97.8	86.9	10.9

TABLE 9

Jour du mois	Pigments			C 14	Lumière	Heure de récolte	Jour du mois	Pigments			C 14	Heure de récolte
	Chl. a mg/m³	Chl. b mg/m³	Chl. c mg/m³	mgC/h/m³	ly/min.			Chl. a mg/m³	Chl. b mg/m³	Chl. c mg/m³	mgC/h/m³	
1	0,27	0,06	0,39	1,66		06.00	16	0,30	0,02	0,14	4,30	06.00
	0,71	0,02	0,28	8,56		12.00		0,66	0,08	0,38	8,30	12.00
2	0,38	0,08	0,30	3,27		06.00	17	0,45	0,18	0,55	5,38	06.00
	0,49	0,13	0,46	7,45		12.00		0,82	0,25	0,84	11,50	12.00
3	0,46	0,08	0,49	4,55		06.00	18	0,43	0,14	0,60	2,99	06.00
	0,75	0,03	0,58	5,57		12.00		0,72	0,19	0,86	8,46	12.00
4	0,43	0,09	0,50	4,53		06.00	19	0,47	0,01	0,16	6,23	06.00
	0,97	0,25	0,88	6,16		12.00		1,16	0,00	0,22	7,02	12.00
5	0,43	0,11	0,23	5,70		06.00	20	0,44	0,17	0,20	6,49	06.00
	1,11	0,54	1,59	8,51		12.00		0,99	0,00	0,48	8,44	12.00
6	0,52	0,11	0,56	6,67		06.00	21	0,66	0,17	0,29	7,25	06,00
	0,83	0,17	0,90	6,64		12.00		0,53	0,12	0,44	8,46	12.00
7	0,61	0,03	0,42	5,75		06.00	22	0,47	0,01	0,33	5,20	06.00
	0,71	0,09	0,43	6,97		12.00		0,66	0,11	0,46		12.00
8	0,63	0,12	0,47	3,82	0,04	06.00	23	0,27	0,07	0,26	3,50	06.00
	9,90	0,03	2,94	38,82	0,21	12.00		0,47	0,09	0,36	3,98	12.00
9	0,42	0,12	0,26	4,62	0,04	06.00	24	0,52	0,08	0,51	4,37	06.00
	0,58	0,08	0,36	10,72	0,34	12.00		3,00	0,10	1,17	21.53	12.00
10	0,40	0,16	0,48	4,23	0,01	06,00	25	0,46	0,09	0,36	4,49	06.00
	0,45	0,07	0,46	6,74	0,42	12.00		0,58	0,05	0,30	8,21	12.00
11	0,61	0,11	0,61	6,07	0,01	06.00	26	0,32	0,15	0,29	4,72	06.00
	0,66	0,01	0,71	9,15	0,42	12.00		0,72	0,09	0,43	5,36	12.00
12	0,26	0,14	0,08	3,93	0,01	06.00	27	0,35	0,05	0,39	4,09	06.00
	0,42	0,07	0,29	5,63	0,08	12.00		0,44	0,06	0,27	6,51	12.00
13	0,40	0,19	0,72	3,66	0,01	06.00	28	0,43	0,06	0,44	5,91	06.00
	0,59	0,17	0,58	9,50	0,21	12.00		0,56	0,00	0,52	7,27	12.00
14	0,54	0,18	0,75	4,60	0,02	06.00	29	0,77	0,38	1,11	4,67	06.00
	0,62	0,15	0,70	8,23	0,34	12.00		0,73	0,14	0,55	10,46	12.00
15	0,45	0,17	0,69	3,68		06.00	30	0,35	0,09	0,31	3,66	06.00
	0,68	0,05	0,64	6,88		12.00		0,68	0,09	0,43	5,98	12.00

TABLE 10

Jour du mois	Diat. centriques			Diat. pennées			Péridiniens			Cyanophycées			Total > 5 μ			Total < 5 μ		Heure de récolte
	Nombre cell./l.	Volume $\mu^3.10^5$/l.	Surface $\mu^2.10^5$/l.	Nombre cell./l.	Volume $\mu^3.10^5$/l.	Surface $\mu^2.10^5$/l.	Nombre cell./l.	Volume $\mu^3.10^5$/l.	Surface $\mu^2.10^5$/l.	Nombre cell./l.	Volume $\mu^3.10^5$/l.	Surface $\mu^2.10^5$/l.	Nombre cell./l.	Volume $\mu^3.10^5$/l.	Surface $\mu^2.10^5$/l.	Nombre cell./l.	Vol. $\mu^3.10^5$/l. Surf. $\mu^2.10^5$/l.	
1	560	94	21	2 520	375	128	1 280	374	61	1 120	150	120	5 480	993	330	129 307	129	06.00
	160	51	9	13 600	3 668	817	1 440	419	76	6 560	876	703	21 760	5 015	1 606	194 976	195	12.00
2	440	70	13	7 320	1 254	320	800	249	47	1 200	160	129	9 760	1 734	509	146 909	147	06.00
	400	101	17	17 240	5 265	1 109	1 600	468	76	40	5	4	19 280	5 839	1 206	14 803	162	12.00
3	1 200	49	18	12 508	1 165	473	1 360	440	93	620	83	66	15 688	1 737	650	142 380	142	06.00
	480	3	10	20 080	5 989	1 310	720	210	34	1 440	192	154	22 720	6 396	1 508	194 976	195	12.00
4	4 560	193	58	14 480	1 590	687	1 520	476	89	2 480	331	266	23 040	2 591	1 101	203 777	204	06.00
	2 160	110	35	18 880	5 399	1 177	680	202	38	840	112	90	22 560	5 823	1 340	197 007	197	12.00
5	3 180	1 275	137	5 540	560	222	1 680	628	122	3 460	1 888	760	13 860	4 351	1 241	173 229	173	06.00
	4 400	520	121	17 560	3 249	840	1 160	419	76	2 800	1 528	615	25 920	5 717	1 653	295 172	295	12.00
6	5 840	2 432	239	7 980	632	292	1 460	554	142	1 680	917	369	16 960	4 536	1 042	130 515	130	06.00
	6 240	2 084	202	15 520	2 540	719	680	272	58	5 080	2 772	1 116	27 520	7 669	2 095	170 604	171	12.00
7	17 780	2 250	411	8 760	754	356	1 480	542	111	2 960	1 615	650	30 980	5 161	1 529	126 108	126	06.00
	3 860	614	122	8 460	1 233	363	840	310	60	1 500	818	330	14 660	2 976	874	138 312	138	12.00
8	6 920	1 124	174	3 880	453	160	1 080	397	77	5 250	2 864	1 154	17 130	4 839	1 565	146 448	146	06.00
	9 920	2 027	242	10 000	1 244	423	6 560	2 409	485	198 135	187 133	46 587	224 614	192 813	47 737	314 805	315	12.00
9	6 080	765	133	3 960	297	136	2 320	846	155	560	305	123	12 920	2 214	548	175 343	175	06.00
	7 120	1 664	283	7 440	826	302	2 120	772	140	120	65	26	16 800	3 327	751	262 676	263	12.00
10	1 560	789	63	4 520	526	172	2 360	865	160	—	—	—	8 440	2 180	395	163 834	164	06.00
	3 520	617	114	6 040	545	235	1 720	625	114	720	393	158	12 000	2 180	621	136 754	137	12.00
11	27 840	1 207	341	7 520	610	198	3 640	551	121	320	99	53	39 320	2 467	713	220 025	220	06.00
	2 920	2 872	185	5 180	937	187	2 920	441	94	1 280	398	213	12 300	4 649	679	260 352	260	12.00
12	14 740	2 086	282	5 360	587	159	1 760	289	71	160	50	27	22 020	3 011	538	139 668	140	06.00
	2 080	562	86	5 440	1 020	199	2 660	424	98	880	274	147	11 060	2 280	530	178 314	178	12.00
13	1 780	686	68	4 140	534	128	1 620	244	52	200	62	33	7 740	1 527	281	127 464	127	06.00
	3 480	137	58	10 640	1 632	355	2 960	511	99	80	25	13	17 160	2 305	525	268 092	268	12.00
14	8 100	675	131	5 960	528	171	3 480	583	116	960	299	160	18 500	2 085	579	197 637	198	06.00
	5 520	425	94	8 440	1 298	281	5 700	872	191	20	6	3	19 380	2 601	569	201 027	201	12.00
15	29 560	824	325	12 480	760	307	2 480	382	79	200	62	33	44 720	2 029	744	189 560	189	06.00
	4 260	1 133	105	6 100	1 215	226	2 400	384	90	1 900	2 809	397	14 660	5 541	819	118 650	119	12.00
16	10 160	1 843	205	7 440	711	204	3 380	577	123	340	106	57	21 320	3 237	589	156 618	157	06.00
	4 840	921	136	26 095	3 327	801	360	54	12	200	62	33	31 495	4 365	982	243 720	244	12.00
17	13 920	4 275	304	12 440	716	309	2 920	441	94	80	25	13	29 360	5 456	720	293 818	294	06.00
	3 160	113	46	14 640	3 453	622	520	78	17	—	—	—	18 320	3 644	684	227 472	227	12.00
18	26 560	841	327	21 240	353	213	3 280	755	166	640	165	89	51 720	2 115	795	201 746	202	06.00
	10 760	506	166	16 830	826	273	1 840	469	101	2 280	589	316	31 710	2 390	856	225 441	225	12.00
19	34 600	2 736	494	25 834	360	266	2 760	694	164	460	119	64	63 654	3 909	988	187 467	187	06.00
	18 400	943	278	35 745	1 457	546	2 880	673	155	680	176	94	57 705	3 249	1 073	148 263	148	12.00
20	42 518	2 616	631	28 278	587	350	4 020	947	216	1 280	331	177	76 096	4 481	1 374	198 993	199	06.00
	43 040	5 359	758	31 520	1 241	472	2 320	528	117	4 440	13 315	1 032	81 320	20 443	2 379	152 325	152	06.00
21	101 270	3 415	1 313	23 580	510	268	4 640	1 072	250	3 800	982	527	133 290	5 979	2 358	205 131	205	06.00
	27 600	791	326	23 140	571	297	3 680	837	186	520	134	721	54 940	2 334	881	235 596	236	12.00
22	32 680	1 303	459	7 680	278	118	4 360	1 074	262	5 240	1 354	727	49 960	4 009	1 566	167 219	167	06.00
	53 360	1 774	678	23 070	508	291	7 520	1 737	389	2 320	599	322	86 270	4 618	1 679	377 089	377	12.00
23	68 120	5 934	987	18 730	614	290	6 040	1 418	325	1 800	399	214	94 690	8 364	1 815	142 847	143	06.00
	24 560	1 059	378	9 640	440	149	4 360	1 002	228	2 960	765	410	41 520	3 266	1 166	220 025	220	06.00
24	6 800	14 246	561	3 840	245	68	4 320	1 093	241	6 440	1 314	706	21 400	16 899	1 576	287 048	287	06.00
	2 840	3 602	155	3 520	192	56	3 960	901	200	44 435	67 866	8 271	54 755	72 562	8 682	190 237	190	12.00
25	13 480	390	149	7 680	385	129	4 000	915	205	1 440	372	200	26 600	2 063	683	170 604	171	06.00
	4 880	210	67	10 800	537	157	2 560	577	129	800	207	111	19 040	1 531	464	217 317	217	12.00
26	20 280	1 812	273	6 040	335	100	880	200	44	—	—	—	27 200	2 347	418	142 170	142	06.00
	2 720	292	73	5 720	765	172	2 640	627	143	8 000	2 067	1 109	19 080	3 751	1 500	172 635	173	12.00
27	9 360	349	97	5 600	1 016	220	1 920	281	83	840	106	85	17 720	1 753	487	173 989	174	06.00
	4 280	161	56	12 240	2 367	505	1 280	174	48	240	30	24	18 040	2 733	634	152 325	152	12.00
28	3 280	80	32	4 280	667	151	1 800	242	68	440	56	45	9 800	1 045	295	188 883	189	06.00
	2 080	55	34	8 000	1 650	349	11 400	1 555	431	1 680	213	171	23 160	3 472	985	199 038	199	12.00
29	1 960	61	20	5 200	1 029	213	2 520	353	103	520	66	53	10 200	1 509	390	160 449	160	06.00
	2 120	107	30	22 585	2 481	642	3 440	489	141	440	56	45	28 585	3 132	858	270 800	271	12.00
30	1 720	74	57	5 720	633	164	3 040	443	129	40	5	4	10 520	1 155	354	213 255	213	06.00
	440	127	18	27 185	4 850	1 044	4 360	604	168	40	5	4	32 025	5 587	124	306 681	307	12.00

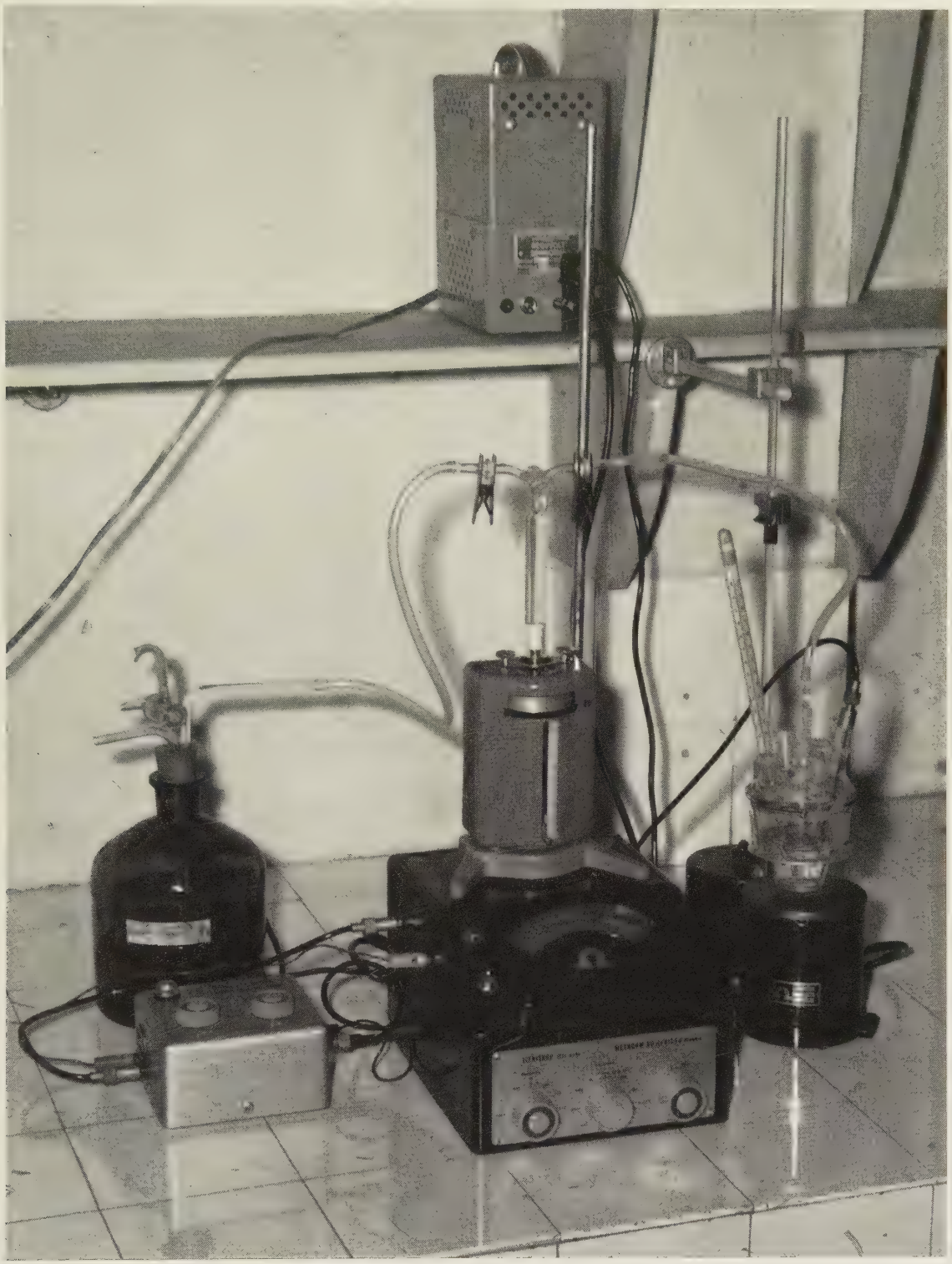

PLANCHE I : Appareillage pour le dosage de l'oxygène dissous.

A gauche : flacon d'hyposulfite de sodium à l'arrière-plan ; « *polariser* » au premier plan.

Au centre : en bas, pH-mètre, au-dessus burette à piston, en haut régulateur de tension d'alimentation.

A droite : en bas, agitateur magnétique, au-dessus récipient de titration avec 1 électrode combinée monotubulaire, 1 thermomètre et 1 pointe de burette.

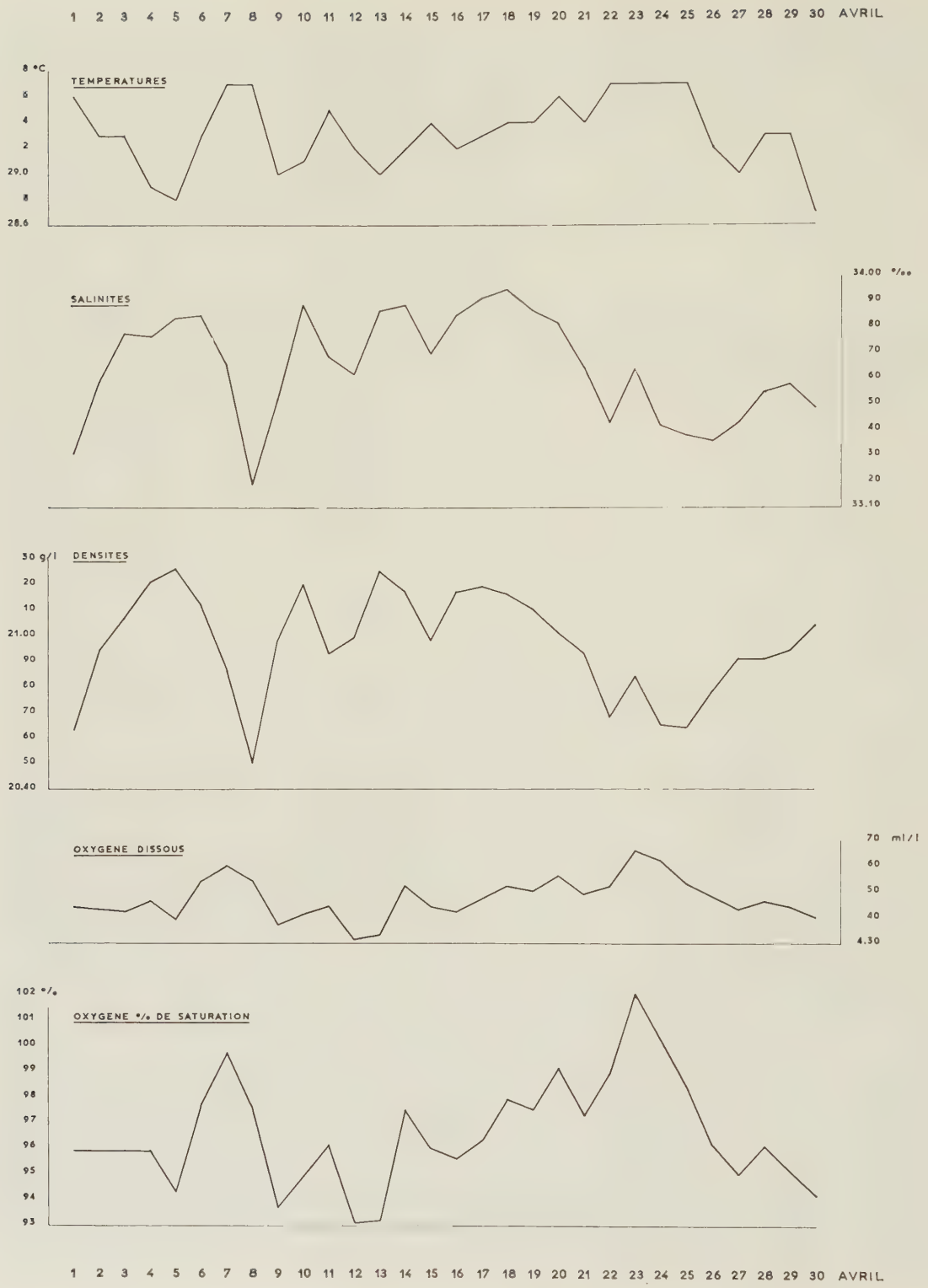

PLANCHE II : Variations, au cours d'avril 1965, des moyennes journalières des températures, salinités, densités, teneurs en oxygène dissous et pourcentage de saturation en oxygène dissous.

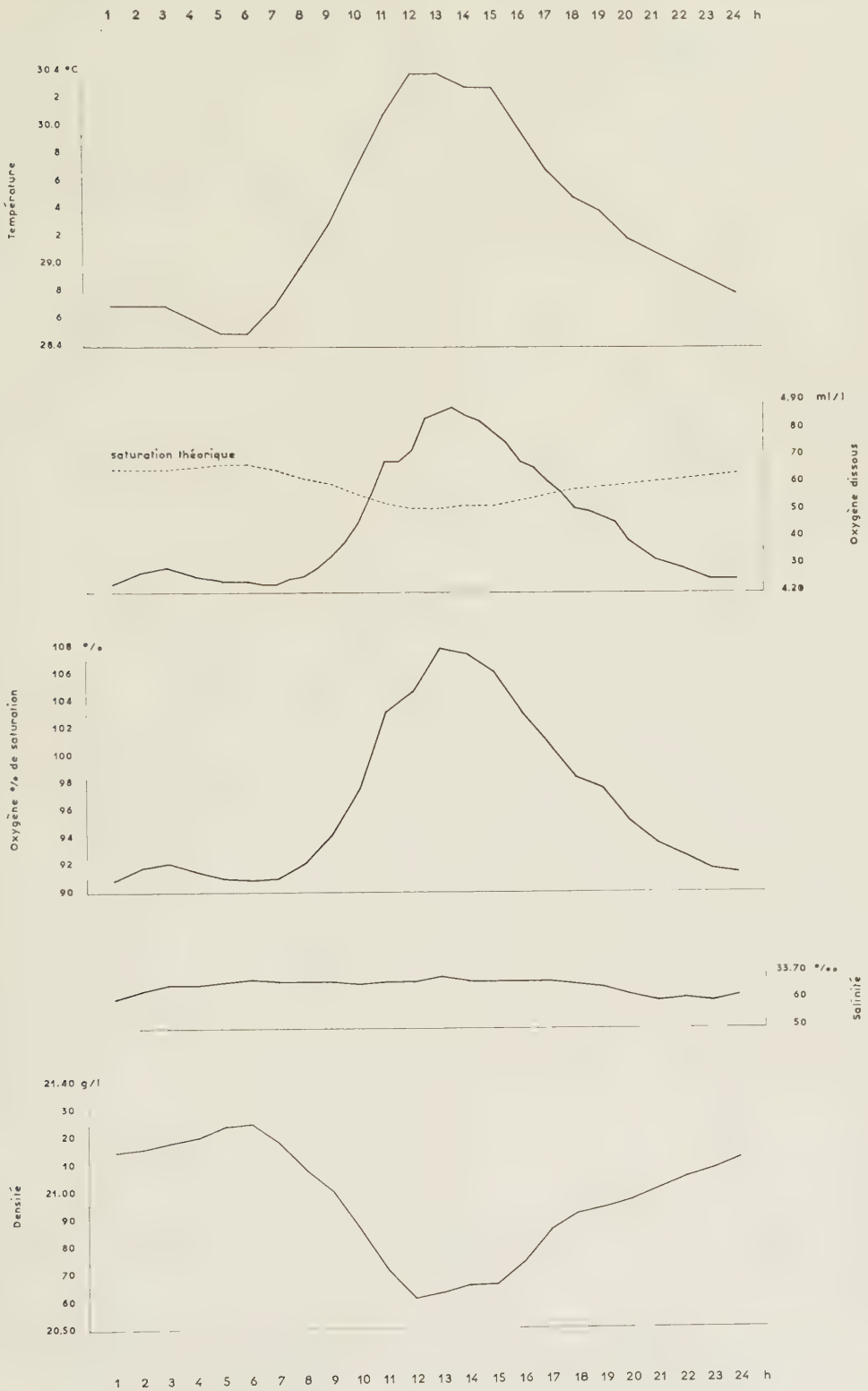

PLANCHE III : Variations, au cours de 24 heures, des moyennes par heure des températures, salinités, densités, teneurs en oxygène dissous et pourcentages de saturation en oxygène dissous.

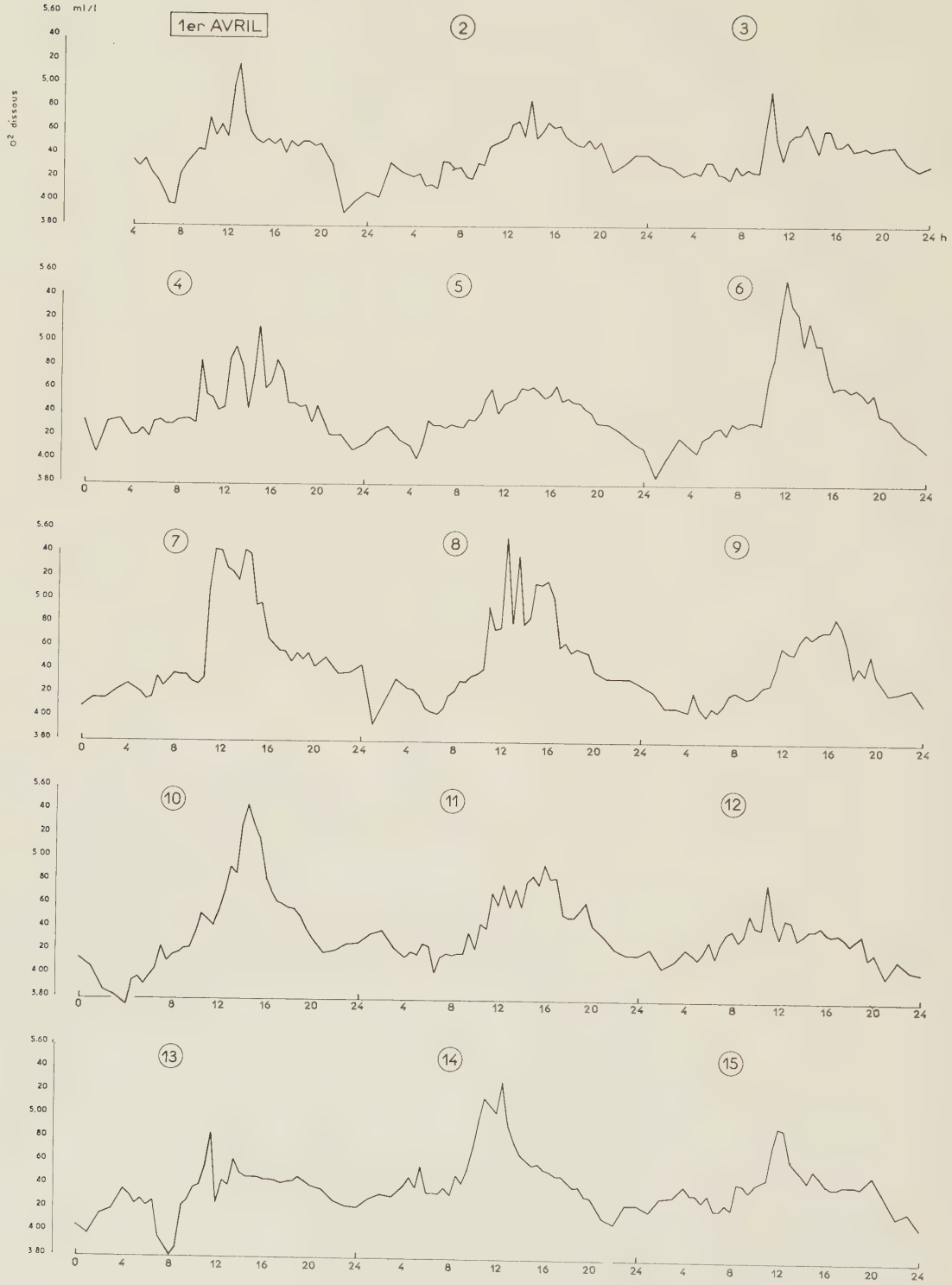

Planche IV : Variations de la teneur en oxygène dissous du 1 au 15 avril inclus.

Planche V : Variations de la teneur en oxygène dissous du 16 au 30 avril inclus.

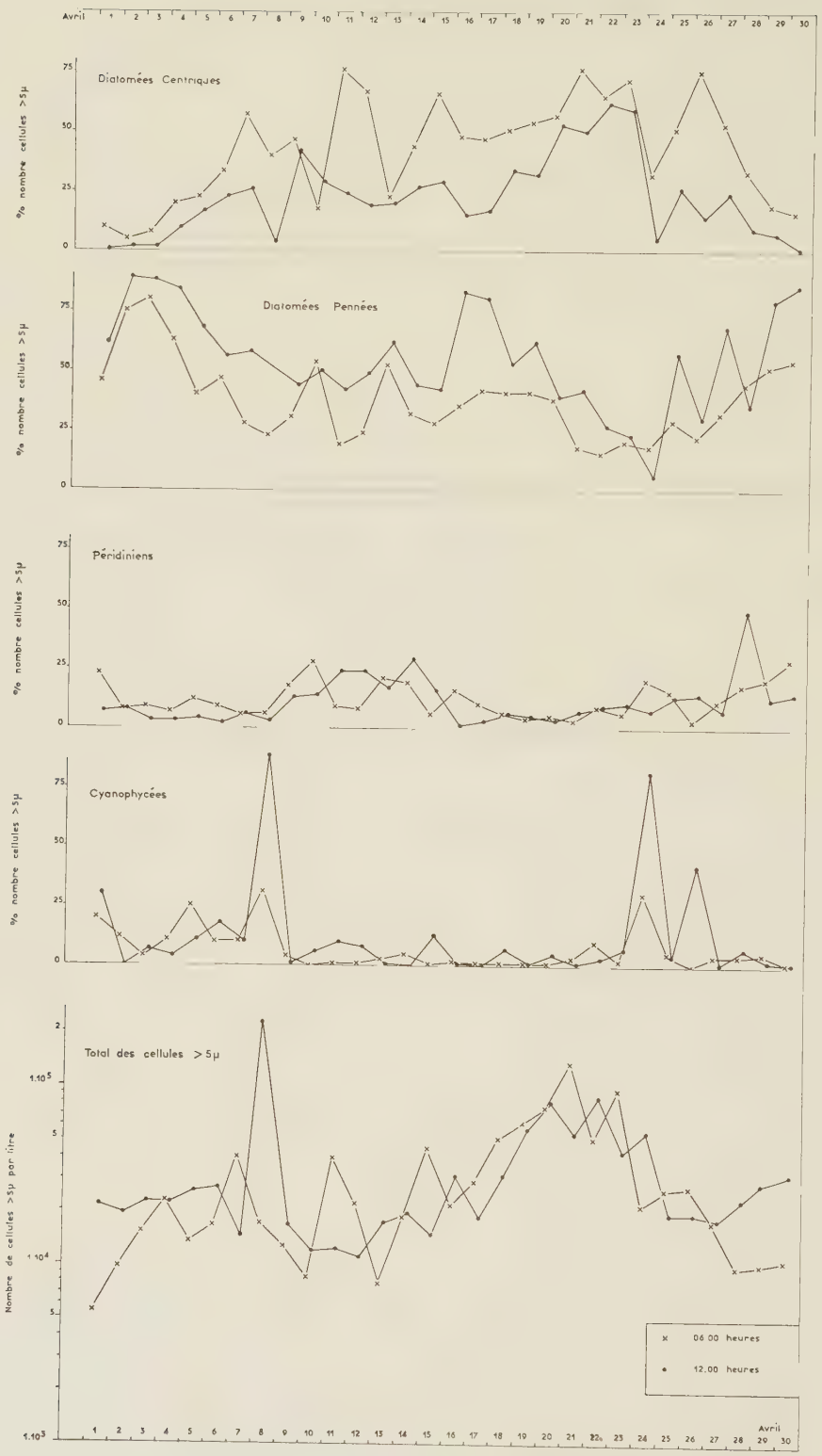

PLANCHE VI : Variations, au cours d'avril 1965, d'une part du nombre total de cellules phytoplanctoniques $> 5\ \mu$, d'autre part du pourcentage de chaque groupe sur ce total.

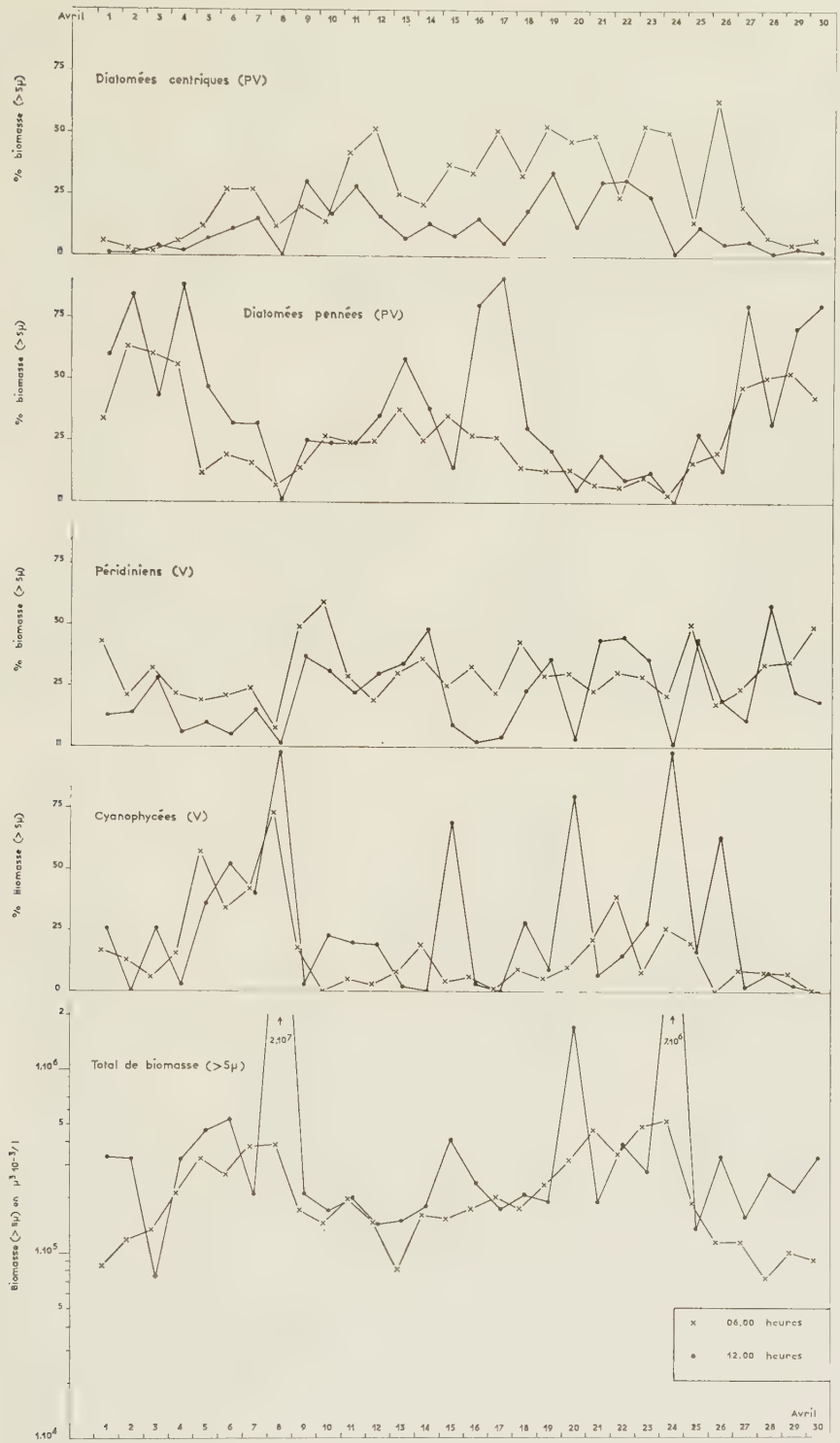

PLANCHE VII : Variations, au cours d'avril 1965, d'une part de la biomasse totale des cellules phytoplanctoniques $> 5\ \mu$, d'autre part du pourcentage de chaque groupe sur ce total.

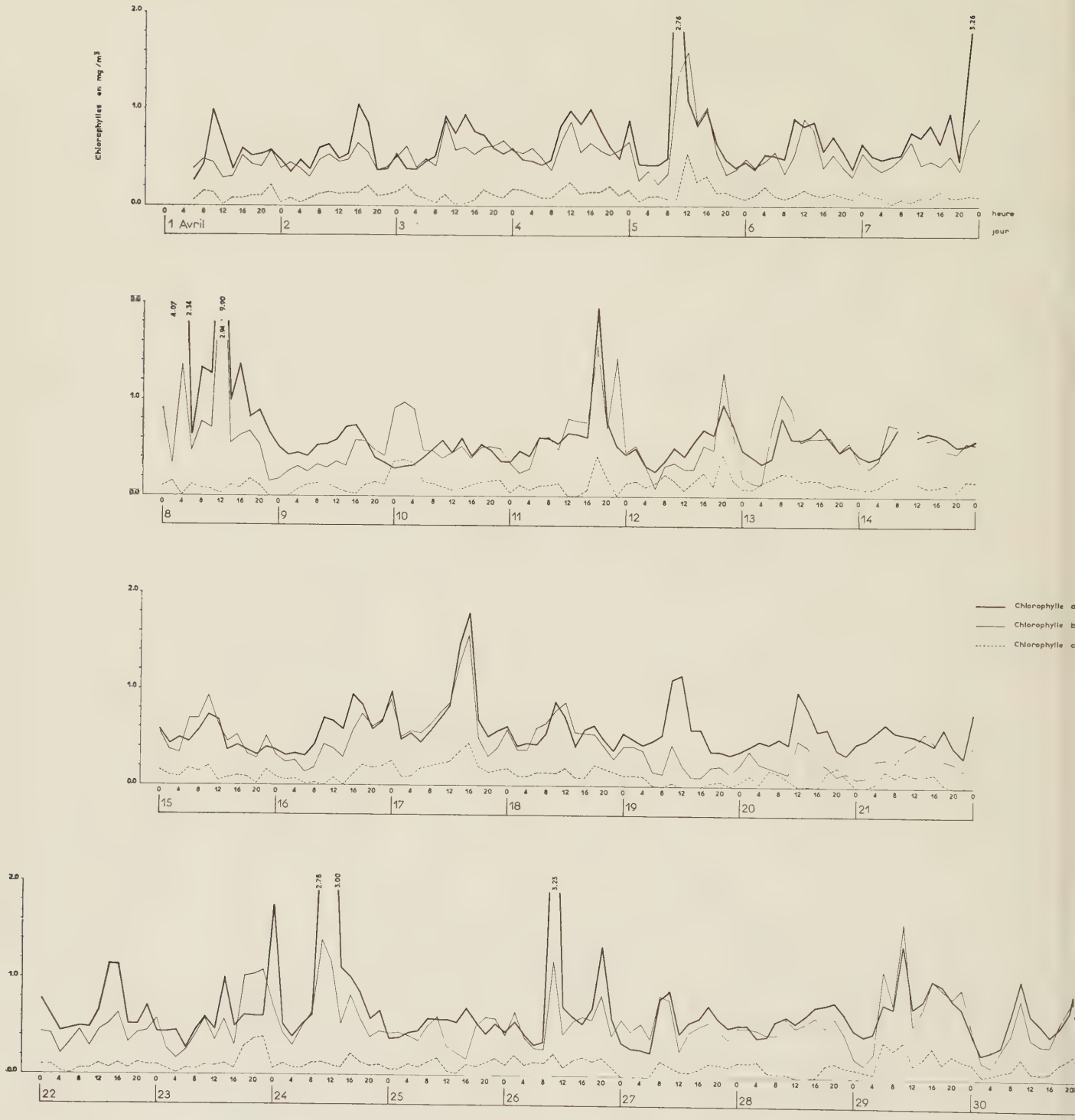

PLANCHE VIII : Variations, au cours d'avril 1965, des teneurs en chlorophylles *(a, b, c)*.

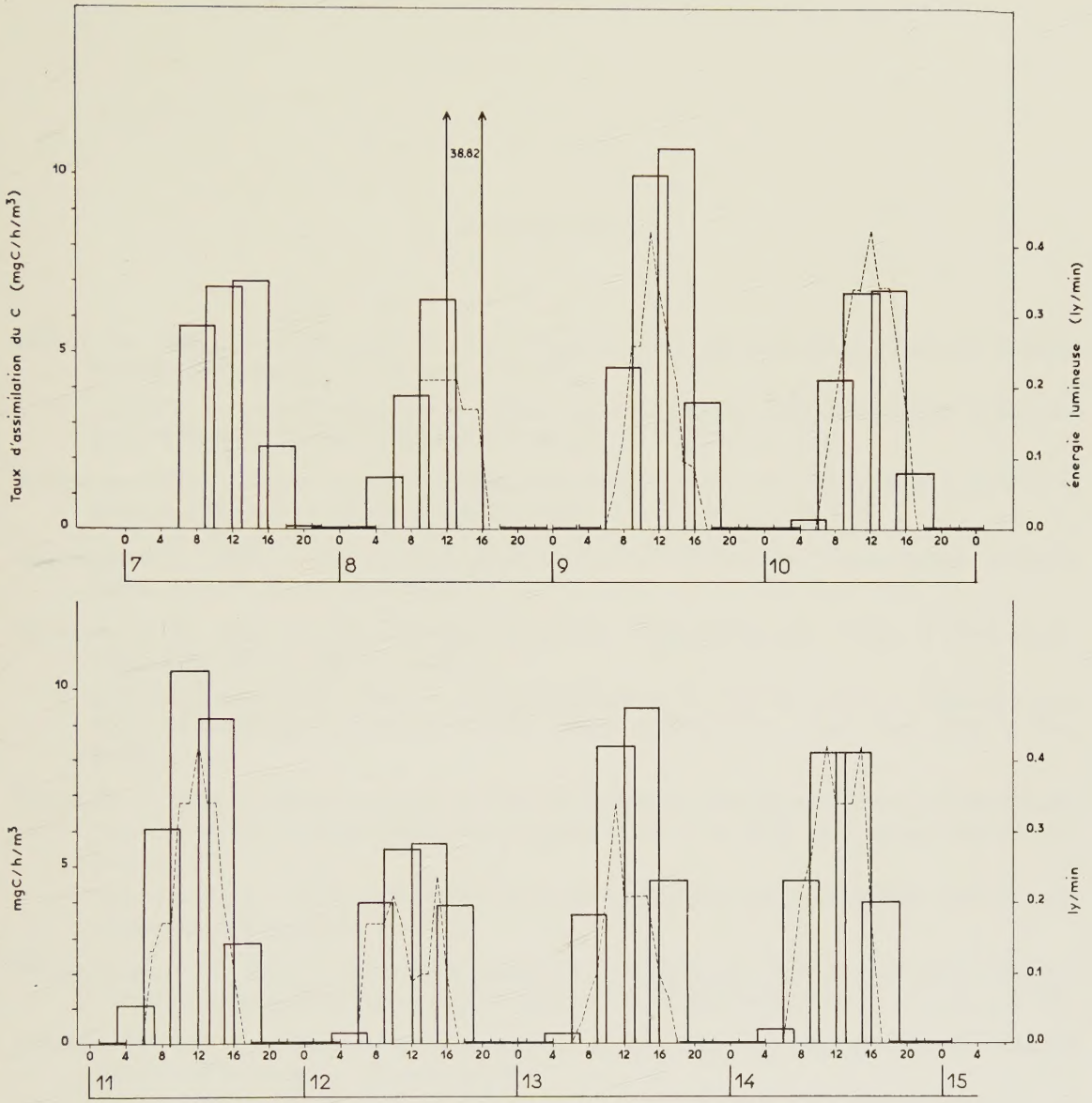

PLANCHE IX : Variations du taux d'assimilation du carbone (méthode au C 14) d'une part, de l'énergie lumineuse d'autre part, du 7 au 14 avril inclus.

Bibliographie

Angot, M., 1965 *a*. — Cycle annuel de l'hydrologie dans la région proche de Nosy-Bé. *Cahiers ORSTOM Océanogr.*, v. III, nº 1, p. 55-66.

— , 1965 *b*. — Le phytoplancton de surface pendant l'année 1964 dans la baie d'Ambaro près de Nosy-Bé. *Cahiers ORSTOM Océanogr.*, v. III, nº 4, p. 5-18.

Anonyme, 1964. — Report of SCOR-UNESCO Working Group 17 on « Determination of Photosynthetic Pigments ». SCOR-UNESCO (1964), Sydney, mimeo., p. 1-12.

Bainbridge, V., 1960. — The plankton of inshore waters off Freetown, Sierra Leone. *Colonial Office, Fish. Publ.*, nº 13, p. 1-48.

Cushing, D. H., 1958. — The estimation of carbon in phytoplankton. *Rapp. et Proc.-Verb., Cons. Expl. Mer*, v. 144, p. 32-33.

— and Nicholson, H. F., 1958. — The measurement of the carbon content of diatoms using the C 14 technique : a preliminary note. *Rapp. et Proc.-Verb., Cons. Expl. Mer*, v. 144, p. 35.

Doty, M. S., 1957. — Current status of carbon 14 method of assaying productivity of the ocean. Report to U.S. Atomic Energy Commission of work to July 1957 under contract At (04-3)-15.

— and Oguri, M., 1957. — Evidence for a photosynthetic daily periodicity. *Limnol. and Oceanogr.*, v. 2, p. 37-40.

Forsbergh, E. G., 1963. — Some relationships of meteorological, hydrographic and biological variables in the Gulf of Panama. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.*, v. 7, nº 1, p. 1-109.

Gérard, R., 1964. — Étude de l'eau de mer de surface dans une baie de Nosy-Bé. *Cahiers ORSTOM Océanogr.*, v. II, nº 2, p. 5-24.

Hasle, G. R. and Smayda, T. J., 1960. — The annual phytoplancton cycle at Drøbak, Oslofjord. *Nytt Magasin f. Botanikk*, v. 8, p. 53-75.

Lohmann, H., 1908. — Untersuchungen zur Feststellung des vollständigen Gehaltes des Meeres an Plankton. *Wiss. Meeresuntersuch. Abt. Kiel. N.F.*, v. 10, p. 131-370.

Mc Allister, C. D., Parsons, T. R., Stephens, K. and Strickland, J. D. H., 1961. — Measurements of primary production in coastal sea water using a large-volume plastic sphere. *Limnol. and Oceanogr.*, v. 6, nº 3, p. 237-258.

Pratt, D. M., 1959. — The phytoplancton of Narragansett Bay. *Limnol. and Oceanogr.*, v. 4, nº 4, p. 425-440.

RYTHER, J. H., 1956. — Interrelation between photosynthesis and respiration in the marine flagellate *Dunaliella euchlora*. *Nature*, v. 178, p. 861-862.

— , 1956. — Photosynthesis in the ocean as a function of light intensity. *Limnol. and Oceanogr.*, v. 1, p. 61-70.

SHIMADA, B. M., 1958. — Diurnal fluctuation in photosynthetic rate and chlorophyll *a* content of phytoplancton from eastern Pacific waters. *Limnol. and Oceanogr.*, v. 3, p. 336-339.

SMAYDA, T. J., 1965. — A quantitative analysis of the phytoplancton of the Gulf of Panama ; II : on the relationship between C 14 assimilation and the diatom standing crop. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.*, v. 9, n° 7, p. 467-531.

STEEMANN NIELSEN, E. and AL KHOLY, A. A., 1956. — Use of C 14 technique in measuring photosynthesis of phosphorus or nitrogen deficient algae. *Physiol. Plantarum*, v. 9, p. 144-153.

— and JENSEN, E. A., 1957. — Primary oceanic production. The autotrophic production of organic matter in the ocean. *Galathea Report*, v. 1, p. 49-135.

STRICKLAND, J. D. H., 1958. — Solar radiation penetrating the ocean. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, v. 15, n° 3, p. 453-493.

— , 1960. — Measuring the production of marine phytoplancton. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, n° 122, p. 1-172.

UTERMÖHL, H., 1931. — Neue Wege in der quantitativen Erfassung des Planktons (Mit besonderer Berücksichtigung des Ultraplanktons). *Verh. Int. Ver. Limnol.*, v. 5, p. 567-596.

WEIGL, J. W., WARRINGTON, P. M. and CALVIN, M., 1951. — The relation of photosynthesis to respiration. *Biol. Reviews*, v. 30, n° 1, p. 40.

YENTSCH, C. S. and RYTHER, J. H., 1957. — Short term variations in phytoplancton chlorophyll and their significance. *Limnol. and Oceanogr.*, v. 2, p. 140-142.